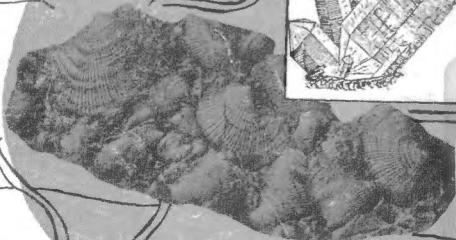
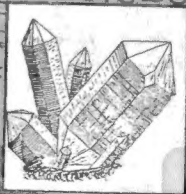


المعادن والصخور والحفريات



د. محمد فتحي عوض الله



المهنة لمصرية العامة للكتاب



المعادن والصخور والحفريات

أ. د. محمد فتحى الله



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٤

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله .. ويمجد

... فهذا هو كتابي الثالث والعشرون في التبسيط العلمي للجيولوجيا . وتقوم دور النشر العالمية وبخاصة « جون ويلى » بنيويورك و « هاملين » بانجلترا بتقديم مثله للهواة ، في سلسلة « علم نفسك » . وإن دلّ هذا على شيء . فإنما يدل على حب العلم عند هؤلاء القوم ، شيئاً وشباباً ، على اختلاف المشارب الثقافية .. وحتى تتأصل عند البعض هواية قراءة وجمع عينات للعلوم المختلفة ، وبخاصة المعادن والصخور والحفريات ، في حالتنا هلم ، دون تخصص .

.. ولقد تمنيت أن أقدم مثل هذا الكتاب لشبابنا ، هاوياً أو دارساً ، وهو كتاب نحن في غنى عن أن نقول انه خلاصة لفروع شتى من علم الجيولوجيا ، ولكتب عديدة ويحوت في ذاك المجال ، عسى شبابنا أن يجد فيه المتعة الذهنية والعلمية ، أو عساه أن ينحو ذاك المنحى ، ولئن فعل ، فإننا نكون قد خطونا أولى الخطى بلوغاً للآلاف ميل .

في دنيا العلم .. والحياة . نقول ذلك ، خاصة وأن في دنيا المعادن ، معادن تُرست
وسُميت بالعربية ، وفي دنيا الصخور ، صخور تسمت عالميا بمسميات بلادنا كالأحجار
النوية والصخور الأسوانية (سيانيت) . وفي دنيا الحفريات ، النميات الجيزاوية التي
أعطت أعظم بناء في العالم — الهرم .



.. انها كما ترى أمنية ، ولو تحققت لكانت أحسن المني ..
.. وذلك ما قصدت .. والله من وراء القصد ..
.. ودائما ، رب اني لما انزلت إلى من خير فقير ..
.. وتوَجَّ اللَّهُمَّ اِعمالنا دنيا .. ودين .. بحسن الثواب ..
(ما شاء الله ، بالبقاشين ١٩٩٠)

استاذ دكتور
محمد فتحى عوض الله
رئيس قسم الجيولوجيا ببنها
والحائز لجائزة الدولة

الباب الأول

نقطة البداية

تعتبر المعادن والصخور والحفريات ذوات أهمية لا تتكرر ، لأسباب عديدة . وهواية الحصول على عينة نادرة بها ألحى ويريق ، أو شكل هائل يلفت فيبهر ، أولون قزحى يفحم بجباله فرشاة المخلوق عن محاكاة الخالق ، أقول إن انشفاق الثرى عن عينة كهله من صخر الأرض ومعدنه ، يُعد أمراً ذا بال عند الكثيرين ممن يعشقون الجمال ويقدرّون حسن المظهر وجمال الشكل وروعة اللون . . كل ذلك لا مشاحة يخلب البصر والفؤاد ، بله العقل الذى تطير به على جناحي الخيال ، حفرية تنبئ عن قصة الأمس . . وكم يتوق الإنسان إلى قصة الأمس ، قريبه والبعيد . إن غالبية المجوهرات التى اتخذها الإنسان حلية يلبسها ويزين بها صدور الغيد ممن يتخلعن لباساً ، هى فى الحقيقة بعض معادن الأرض . بل أننا نقول شططاً إذا استعدنا إلى الأذهان الإنسان الأول ، ذكره وأثناءه ، حيث كان يتخذ بعض أحجار الأرض البسيطة حلية ، ومن ثمرة بعض أكاسيد الحديد ، ما يصبغ به شفتيه ، ومن سواد أكاسيد المنجنيز كحلاً تستزيد به عيون الإناث

حوراً .. كان الانسان الاول يتخذ من ظران الأرض سهماً ليصطاد فريسته ، وكانت إنائه يستمن باكاسيد الأرض ليسلحن عيونهم بهام يصطلدن بها فريستهن من الذكران .. بجانب الحل والزينة التى استعرضها الانسان يوم الزينة المشهود عند الفراغت واليهود .. يل وكل يوم زينة حتى يوم الناس هذا ، فقد تلفت بعض الناس قطع الصخور من أجل صقلها أو تشكيلها تمثالاً أو صنماً ، والرضى من بعد بما تصبح عليه من جمال ، وما يظهره صقلها من ابداع واجدها وخالفها ، ثم متعة العقل والفكر بما يكشف عنه هذا وذاك من معرفة بالبيئة .

ويعتبر الجيولوجيون — وهم دارسو علم الأرض — هواة ومحترفون — أن تاريخ المعادن والصخور والحفريات إنما هو امتداد لتاريخ الأرض ، وأن كل إضافة لمعارفهم عن ذلك هى خطوة فى رحلة الكشف عن الغموض اللدلم فى غياهب تاريخ الأرض ، أو شمعة تسهم فى تبديد ظلمات المنهج الاستردادى الذى به يدرسون ، وصولاً إلى نقطة البداية .. فالإنسان ، كل إنسان ، رُكبت فيه جُلة حُب الاستطلاع واستشراق الغيب .. ماذا كان ؟ وكيف كان ؟ فما أشهدهم الله خلق السموات والأرض ولكن قال لهم — سبحانه — سيروا فى الأرض فانظروا كيف بدأ الخلق وانتشروا فى الأرض من بعد صلاة ..

علم الجيولوجيا إذن — وهوايته — علم يُشيع عند الإنسان إحدى غرائزه ، وما أجمل أن يحس الانسان بالشيع عقلاً أو بطناً أو .. وتعتبر الصخور وما حوت من معادن وحفريات تنتظمها ، سطوراً فى كتاب الزمان القديم أو كليات فى سفر التكوين ، إشارات يمكن أن تنبئ عن تاريخ مضى لمنطقة من الأرض .. كيف كانت فى الماضى ؟ وكيف كان مناخها وماذا كانت تنبت من نبات وماذا كان يعيش فيها من سائيات ؟ .. وبهذا نقول ، حقا ، فإن الصخور صحائف من كتاب الزمان لا يقرؤها إلا العالمون .. والهاوون ..

وهكذا ، فقد تعدد أسباب هواية جمع عينات من الصخور والمعادن والحفريات ، ولكن المؤكد أنه إذا ما تفتياها دارس أو بدأها هاو ، فستجذبه إلى أبعد من ذلك وأبعد ،

ولن يكون في مقدوره من بعد أن تمسك أو يتوقف عنها .. فالتاريخ حلقات وكلها امسك بحلقة ، اشتد شوقه لما بعدها .

وإذا ما لفتك — عزيزى القارىء — تلك الأمور وكنت عن يتطلعون إلى معرفة بعض فصول قصة الأرض ، أو ممن يجيدون التأمل والتفكير والتدبر في خلق الله ، فنحن هنا نأخذ بيدك في هذا الكتاب ، لنمشي سوياً في مناكبها ، ولنتأمل ما على الأرض من رواسى لا تبلغها طولاً ، ولنتنظر في طباق الأرض وإن لم يكن يمكننا أن نخرقها .. ولتصعد الجبال فنرى ما فيها من جلد بيض وحر مختلف ألوانها ، وغرايب سود ، وما في هذه وتلك من صخور ومعادن وحفريات بلوغاً إلى بدايات « الحداثة » ومن منا لم يُشغف « بالحداثة » ولم يزل .. ولتر كيف ينزل الله المعادن للناس كما نزل الحديد فيه بأس شديد .. ونضيف ، ومنافع جمة ، فالحديد هو العمود الفقارى لحضارة الانسان في يومه وغده .. ومن خلال صفحات هذا الكتاب ، تأمل أن تعلم ما لم تكن تعلم من الأمور الأساسية في مثل تلك المجالات ، كأن تحيد التعرف وتتقن تسمية المعادن والصخور والحفريات الشائعة .. وكيف تتكون تلك الأشياء وأين ومتى ؟ لعلك بالغ عتبات النشأة الأولى ولن تبلغها إلا بسلطان المعرفة والفكر والقراءة والجدد .. وعندها صدقنى ، ستدرك معنى الحياة وقيمتها .. بالفكر لا بالمال ، بالفكر يجعل البصر حديداً .. والمال يميل عليه التراب ..

من أين نجمع عينات المعادن والصخور والحفريات ؟

بشكل عام فإن المعادن والصخور والحفريات يمكن أن توجد في أى مكان وفي كل مكان . ولكن يتبقى فقط أن ما يُسمى بالوضع الجيولوجى لكل منطقة هو الذى يحدد نوعية تلك الأشياء ، وإمكانية تحديد مواقع التواجدات المفيدة في البيئة التى يحيا فيها من يريد جمع مثل تلك العينات . وكهناي أو دارس مبتدىء ، فإن طريقك للنجاح فيها تهوى أو تدرس هو معرفة ماذا تفعل ؟ وأين تفعل ؟ وكيف تفعل ؟ ولعل أيسر السبل إلى ذلك

هو استشارة أهل الخبرة في هذا المجال ، أو التحاقل بنادٍ من نوادى العلوم أو القراءة .
وسيلزم المواة والدارسين لهذه الأمور أدوات بعينها تساعد على تمام الفائدة وتيسير
العمل لمرتابيه :

١ - أول ما يحتاجه جامعو عينات الصخور والمعادن والحفريات هو ما يسمى
بالشاكوش أو المول أو المستخرج الجيولوجى (Geological Pick) وهو يختلف في نوعيته
ومادته باختلاف الصخور التى سيعمل عليها . فهناك الشاكوش ذى الطرف المدب من
إحدى جانبيه ، بينما الجانب الآخر رأس عريضة . ومثل ذلك ، يلزم لإزالة وتكسير أو
تشكيل الصخور ، بينما الطرف المدب لاستخراج المعادن أو الحفريات من القطع
الصخرية بعد تكسيرها .

٢ - العدسة اليدوية (Hand lens) لتساعد في التعرف على المعادن والمكونات
الصخرية الصغيرة وكذا الحفريات الدقيقة ، حيث إن بعض الأشكال البلورية
للمعادن ، أو الخواص التماسكية لها ، يصعب تمييزها بالعين المجردة ، إن لم يكن استحالة
ذلك على الإطلاق . ليس ذلك فقط ، بل حتى في الحفريات الكبيرة نوعاً ، توجد بعض
التفاصيل الدقيقة التى لا بد لرؤيتها من عدسة يدوية تساعد العين المجردة على
استكشافها في الحقل والتعرف عليها . ونخير ما يساعد في ذلك عدسة ذات قوة تكبير
عشرة أضعاف (10x) ، تحفظ في الجيب أو تعلق في الرقبة عند الرحلات الحقلية مما يسهل
تناولها ، ويساعد على إمكانية استخدامها في سهولة ويسر ، كما يقلل من فرص
فقدانها .

٣ - حقيبة حقل أو « جريندي » (Collecting bag or knapsack) وهذه تعد من أساسيات
وضروريات الرحلات الحقلية أو الخلوية ، وخاصة إذا ما كانت بهدف جمع عينات من
الصخور والمعادن والحفريات ، فهي تساعد على حمل أكبر قدر من العينات ، وتوفر
الكثير من الوقت في التردد ما بين مكان الجمع ووسائل مواصلتك .

٤ - مواد تغليف (Wrapping Material) من أكياس قماش أو ورق لحفظ العينات
وخاصة الحشة منها أو الدقيقة أو الثمينة ، ولفصلها بعضها عن بعض خشية أن تُلخَش أو

تلوث ، مع امكانية الكتابة عليها بالاقلام الخاصة لتسجيل البيانات الهامة عن كل عينة على حدة ، فلا تُنسى أو تختلط .

٥ - دفتر ملاحظات (Field Notebook) ويعتبر هو أيضا من لزميات الرحلات الحقلية لجمع عينات من الصخور والمعادن والحفريات . ولا بد أن يكون في حجم وشكل يجعل تداوله سهلاً وحمله ميسوراً . وفيه تدون كل المعلومات . . كل المعلومات صغيرها وكبيرها ، بل حقيرها وأهمها ، عن الموقع ، وتاريخ الرحلة ، ونوعية التواجد والمكاشف ، ومهمة الصخر الحاوي أو اللتي أخذت منه العينة ، وعمره الجيولوجي إذا كان معروفاً ونوعية وشكل ما جُمع من عينات . . استطراداً إلى كل البيانات التي يمكن أن تلزم الدارس بعد ذلك ، بما فيه تخطيط كروكي للموقع . . ولا أبالغ إن قلت إن تدوين حتى بعض الأحداث الشخصية سيكون مفيداً ، فالمحصلة أن تتذكر بعد سنين ما قد يلزم أن تعود إليه يوماً ما . .

بجانب كل ذلك ، وفوقه ، فمن الممكن أن يستعين الدارس أو الهاوي لجمع عينات الصخور والمعادن والحفريات بأشياء أخرى مثل آلة التصوير ، أو كتاب أو خريطة مُرشدة في مثل تلك الأمور . فالخريطة الطبوغرافية والأخرى الجيولوجية من المنطقة المرشح إليها ، أمر أهميته غير منكورة ، ثم شريط لاصق . . وقد يلزم أيضاً بعض من حامض الايدروكلوريك المخفف ١٠٪ لإجراء بعض التجارب البسيطة الكيميائية الوصفية الأولية بفرض التعارف المبني في الحقل على بعض خواص ما تجتمع من عينات ، وبخاصة تحديد ما إذا كان معدن مثل الكالسيت أو الدولومايت موجوداً من علمه .

إرشادات عامة :

قبل جمع أية عينات صخرية أو معدنية أو حفرية ، عليك أن تتأمل بعين فاحصة دقيقة ، ما تريد وما تتفاه بالضغط . . ثم ما تمنى أن يجمعه أو تحصل عليه . ومن

ثم ، فإن أية رحلة حقلية ، إنما تبدأ حقيقة من البيت بل من المكتب ، بما تتخذ من قرار ، وما تمهله من استعدادات . . ثم في الحقل ، فإن حُسن التصرف والحيطة والخبرة غير ذات نكر . فالخروج من حجر ساقط ، أو البعد عن العمل أسفل آخرين عند تسليق الجبال والمنحدرات ، وكذا استخدام الأدوات المناسبة تماماً ، كل في موضعها ، كلها أمور مما يجدر الانتباه إليها . فكن عزيزي الدارس — أو الهاوى — حذراً عند تكسير الصخور وعند قطع أو شطف أو تشذيب القطع الصخرية الصلبة الجامدة ، فقد تصاب العين بشظية تتلفها ، أو يجرح الأصبع أو يطير الظفر . . فعادة ، يكون جمع العينات الصخرية والمعدنية والحفرية من الجبال والصحارى . . وهى فيها ما فيها . . ومن ثم ، يُلَفَت النظر إلى أخطار قد تنجم عن وجود حشرات أو زواحف (كالطريشة والثعابين والعقارب السامة) بل تنهأ فنقول من خبرتنا الشخصية لا ترفع حجراً عن حجر دون حيطة وحذر ، فقد يكون الموت مترصاً تحت أى منها . كذلك انتبه فمع النباتات ما هو سام ومن ماء الأبار ما هو سام ومن الحيوان ما هو مفترس غير مأمون الجانب . . فتعلم عنها وتجنبها لتأمن شروها .

وإذا ما نظرنا حولنا في بلادنا ، لقلنا ان جمع عينات صخور ومعادن وحفريات لا يتيسر في مصر إلا من صحاريها البالغة ٩٦٪ من كل مساحتها . . فإذا تعلم عنها ياعزيزى ؟

بداية ، ما الصحراء ؟ . .

هى منطقة جرداء تغطى الرمال الجانب الأكبر منها . وتقوم بها حياة نباتية وحيوانية يجد قليلة ومتكيفة . أما الصحارى ذات الارتفاع الكبير التى تغطى الثلوج بعضها دائماً ، فلا تحسب عادة مع صحارى الأقاليم الدلحية . تغطى الصحارى خمس مساحة اليابسة وتقع أكبر الأقاليم الصحراوية بين خطى عرض ٢٠ و ٣٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء ، حيث تصعد الجبال الرياح التجارية الممطرة . . أو يسبب الضغط الجوى المرتفع تيارات هوائية هابطة . ومن عوامل تكوين الصحارى أيضاً حرارة

الشمس المرتفعة ونسبة البحر العالية ، ونسبة المطر السنوى الضئيلة . وتعتبر أوروبا القارة الوحيدة الخالية من الصحارى إلا بعض الأقاليم شبه الصحراوية ، حول البحر الأسود وبحر قزوين ، وفى أوكرانيا وشمال القوقاز . أما أكبر صحارى العالم فهى الصحراء الكبرى فى إفريقيا ، تليها الأقاليم الصحراوية بوسط استراليا وجنوبها . وتتميز أوراق النباتات الصحراوية بقلة النتج والبحر ، وتمتد جذورها المتشعبة إلى مدى ١٥ متراً . أما حيوان الصحراء فيشمل عموماً الغزلان والثعالب والجربذان والثعابين والعناكب والزواحف . الخ .

أما مصر ، فالظواهر السطحية لها ترمس اللون الأصفر على غالبية من مساحتها بما يوحى أنها — صحارى مصر — ليست إلا كثباناً ورمالاً تترامى هنا وهناك من حول نهر النيل . فالصحراء الغربية متسع هائل وكبير — تميزت بما فيها من بحر الرمال — ويكفى ذلك اسماً وتعبيراً عن التصور الخاطيء لحجم الرمال بها . ولكن واقع البحث العلمى الجيولوجى أثبت أن الجزء المغطى بالرمال فى صحراء مصر الغربية لا يزيد عن ثلث مساحتها . أما الصحراء الشرقية ، فجبال البحر الأحمر أبرز سماتها والمضارب الجبسية من حولها من أوضح علاماتها ، بحيث أن الجزء المغطى بالرمال فى تراب مصر يكون جزءاً جد صغير . ويتبقى من دونه هضاب الحجر الجيري وجبال الجرانيت وأنواع الصخور النارية بعمامة ، ومنخفضات نسيية من الحجر الرملى . وواقع الحال أنه مهما كبرت تلك المساحات وامتدت لأكثر من ٩٦٪ من المليون كيلومتر أو نحوها التى تشكل مساحة كل التراب المصرى ، فإن أهميتها ثانوية إذا ما قورنت بأهمية الجزء الضئيل والمتبقى والمشكل لمنخفض وادى النيل الطويل والضيق ، والذي ارتبط اسمه باسم أقدم المدن طراً . ويجبال البحث عن العينات والصخور والحفريات ليس الصحراء فقط وإنما أيضاً فى الودى . ثم ، سيناء ، بمساحتها التى تزيد على مساحة دلتا النيل ، وبصخورها المتعددة الأنواع والأشكال . تسود الصخور الرسوبية فى شياها وتغطى ثلثها الجنوى بالوهر والصلب والمتفرض من الصخور النارية . . ذاك هو التراب المصرى بين خطى عرض ٢٢° - ٣١° شمالاً وخطى طول ٢٤° - ٣٧° شرقاً . هل ترسبت طبقات التراب للمصرى ، وتوالت فى أعاقه جذور جبالها ، وانفجرت براكبتها فأعطت أنواعاً من الصخور والمعادن تتعدد كماً ونوعاً ؟ هل كان ذلك فى

الماضي ، ثم هو باقى على حاله إلى اليوم ؟ لا . . وإنما تآكلت الأرض وانهارت الصخور وطلعت بحار وانحسرت بحار ، وانخفضت هافات جبال وتعمقت أو تلاشت وديان ، وتغيرت الصورة في كثير من عمومياتها وتفصيلاتها عما كانت عليه يوم كانت أول مرة . . عاشت كائنات واندثرت فبقيت منها الحفريات . . ظهرت صخور على السطح كانت مدفونة في الأحماق . . تركزت معادن وتبلورت أخرى ، فصارت اليوم متعة للناظرين ، وسرور لمن رأى . .

تلك حال الجيولوجيا في بلادنا ومن ثم كان الجهد الذي يتجشمه الدارس أو الماهوى لجمع عينات الصخور والمعادن والحفريات كبيراً . إنه عمل ربما لا يكون في مقدور الأفراد العاديين ، وإنما هو من عمل الدارسين المحترفين للعمل في تلك الصحارى الشاسعة بشكل عام . وربما أن ذلك لا يتيسر إلا من خلال بعثات تقوم بها الهيئات العلمية والجامعات .

تنظيف واعداد العينات الصخرية والمعدنية والحفرية :

الكثرة الكثيرة مما يجمع الدارس من عينات تحتاج أن تنظف وتعد بطريقة سليمة وعلمية لكي ترقم وتوضع عليها البيانات الدالة عليها والموضحة لكيفية تواجدها في الحقل . والنصيحة التي تسدى هنا للعمل في الحقل ، هي أن يكون الدارس حذراً في تغليف عيناته وصيانتها حتى يعود بها إلى معمله سليمة وفي حالة جيدة . فعند جمع عينات من المعادن مثلاً ، يجب الحرص على عدم اتلافها أو تشمعها لأن في ذلك اتلاف للبناء الذرى المعزّ عن البلورة وأوجهها الهندسية المنتظمة ، وذلك عند استخراجها من مكانها الصخرية ، أو حروق تواجدها ، ثم تلف العينة في ورق وتوضع في أكياس من قماش سميك . وقد يلزم أن تلف العينة الحشة في قطع من القطن قبل أن توضع في الأكياس . كما أن عينات بعض المعادن الصلبة الصلبة ، من الممكن غسلها بالماء والصابون مع استخدام فرشاة كفرشاة الأسنان لتنظيفها جيداً وإزالة كل عائق بها . وإذا ما أريد استخراج بلورة معدنية كاملة الأوجه من بيتها الصخرية ، فإن قلداً كبيراً من

الحرص والاهتمام وكذا الأدوات الخاصة . . كلها تلزم تماماً للحصول عليها سليمة . وسوف نحدد مهارتك مع قدرتك على ضبط النفس وحدة البصر والبصيرة واتساع الصبر ، مدى نجاحك في بلوغ مرادك . ومع أن كثرة من الصخور يكون إعداد العينات منها أبسر وأسهل مما هو الحال في المعادن والحفريات ، إلا أن تشكيلها من بعد ، يمثل صعوبة لا شك فيها . هذا مع الأخذ في الاعتبار أن تكون العينات الصخرية جميعها في أحجام متقاربة لقبضة اليد Hand specimen واشكال متناسقة حتى يسهل تخزينها .

فالتشكيل الجيد للعينات الصخرية إنما يتأتى بطرقها وتسويتها بالشاكوش الجيولوجي من أطرافها الزاوية ، حتى تتخلص من الأحرف المديبة والمستنة للحصول على شكل معيّن متناسق نوعاً . وهذا أمر يحتاج واقعياً إلى دربة ودولية ، لكنه في النهاية يمكن بلوغه واتقانه ، وستكون النتيجة مستحقة لكل ما بذل فيها من جهد . وإذا ما كانت العينات صلبة فالماء والصابون والفرشاة تنظفها ، أما إذا كانت العينات قابلة للتحلل أو اللويان في الماء أو حتى التفتت ، وفرشاة دقيقة تكفي لإزالة ما يكون قد حلق بها من أتربة . وفي الغالب الأعم ، فإن عمليات التنظيف تلك ستكون ثانوية لأنك يجب أن تحاول جمع عينات لم تتأثر بعد بعمليات التجوية والتعرية وهي ما تسمى عينات طازجة (Fresh Samples) تكون مأخوذة عادة من تحت السطح المجوى . فالصدأ عادة ما يشكل غطاة عاماً للصخور . وكذلك أن يتأكسد الحديد في تلك العينات فيعطى طلاء أو ورنيشاً (Tarnishing) للصخر أو المعدن . والصدأ يمكن إزالته عن بعض الصخور والمعادن على الأقل جزئياً بواسطة استخدام الفرشاة أو بعض الوسائل الطبيعية الأخرى ، بينما في البعض الآخر يستلزم استخدام طرائق كيميائية خاصة ، كأن تُفمس العينات في حامض الأوكساليك (Oxalic acid) وهو حمض مخفف لا يبلغ تأثيره جوهر العينات .

وفي حالة الحفريات ، فإن كثرة مما يجمع أي دارس قد تكون تأثرت بعمليات التجوية . باكثر مما تتأثر به الصخور المحتوية لها ، ومن ثم ، فإن الحرص في التقاطها أمر جدد مطلوب ، ثم هي تلف من بعد في بعض أوراق الصحف و / أو توضع في أكياس من قماش بحسب حالتها وأهميتها أو ندرتها ، وبخاصة إذا ما كانت الحفريات هشة وقابلة للكسر والتفتت ، فإنه قد يفيد عندئذ تغطيتها بمادة بلاستيكية (ورنيش) مثلاً ، لتعزيتها ، وبعد جفافه تلف في الورق . وكذلك فإنه من المفيد أيضاً في مثل تلك

الحالات أن تلتقط العينة الحفرية ، مع بعض من الصخر الحاوى لها أو المستضيف ، ليكون بمثابة الدرع الذى يحميها أو يقيها . وعادة تتواجد بعض العينات الحفرية ، وبخاصة النباتية على شكل طبقات متضخمة على المستويات الطباقية للصخور (Bedding planes) ، حيثلا تغطى مثل تلك العينات بطبقة من الورنيش وتلف بالورق . وفى الصخور جيدة التطقن (Well Bedded) غالباً ما يعثر الباحث على الحفريرات النباتية وغيرها ، بكسر تلك الصخور حيث تشقق على مستوياتها الطباقية . وتتكشف الحفريرات وتجمع عندئذ فى يسر وسهولة . فإذا ما كانت هناك طبقة نباتية ، عندئذ ينفع السطح عدة مرات أو يُنظف بفرشاة رقيقة ليزول التراب ، قبل استخدام الطبقة البلاستيكية الواقية .

وعلى الدارس ألا يحاول أبداً — إيان تواجهه فى الحقل — أن يخلص الحفريرات شديدة الالتصاق بمضيفها الصخرى . وإنما بدلاً من ذلك يجب استخدام الطرف المذيب للشاكوش الجيولوجى فى الحفر من حولها بدقة ، والتقاطها مع بعض مما يحيط بها من مادة الصخور ، ثم بعد ذلك تعمل محاولة على مهل وتؤدة للتنظيف فى المعمل ، حيث الظروف أفضل وأيسر وأنسب باستخلاص أدوات خاصة أكثر إمكانية مثل الإبر أو حتى بعض أدوات وأجهزة أطباء الاسنان إن لزم الأمر . وإذا ما فرض جدلاً أن العينة الحفرية قد تمسحت رغياً عنك أثناء محاولتك استخلاصها فى الحقل ، فاجمع شتاتها لعلك بمسطيع تجميعها واسترجاع شكلها ولصق جزئياتها فى محاولة لاستعادة الشكل الاصلى فى معملك . وفى أحيان أخرى ، فإن الصدفة الأصلية للكائن الذى صار حفرة ، تكون قد أزيلت تماماً بعد أن تمزأت أو ذابت ، وتركت مكانها قالياً للعينة (Mould) وفى هذه الحالة فإن حبة العينة أو الكتلة من المادة الصخرية ثلأ القالب الداخلى أو الخارجى لحفرة ما وتظهر عليها انطباعات تركيب هيكل الحفرة ، وفى كثير من الأحيان تكون الصبغات فقيرة فى الدراسات الحفرية كالحفريرات الكاملة نفسها (Cast) وفى هذه الحالة فإن حبة العينة يمكن إعادة انشائها بتنظيف القالب ثم تغطيته بطبقة رقيقة من الزيت وملء المكان بمجينة باريس (Plaster of Paris) وهو ما يسمى طلاء باريس أو الجبس القارسى ، وبعد جفافها يمكن ببساطة وعناية ، كسر القشرة المحيطة ، حتى يتحرر القالب الجصى (Cast) أو العبة . والمعتاد أن تتواجد الحفريرات فى الصخور اللينة (Soft)

rocks) مثل الطفل أو الطفال (Shale, Marl) أوفى فتات وكسرات الصخور التى لم تتصلد أو تتماسك بقوة بعد . وفى مثل هذه الحالة ، بدلا من أن تحاول استخلاص تلك العينات من صخور ما ، قد يكون من الأسر حمل تلك المواد بما فى أحشائها من حفريات إلى المعمل حيث تتخذ خطى الاعداد والتنظيف على مهل وبالأدوات الأنسب لنوعية الدراسة التى تطلب . وأبسط طرق التنظيف فى مثل تلك الحالات ، هى أن تترك العينة مغمورة ليلة كاملة فى الماء والصابون .. وهذا على سبيل المثال سيزيل المادة الطينية السائبة أو المفككة من حول العينة . إذا لم تكن العينة هشة تماماً ، فإنه يمكن الاسترسال فى غسلها وتنظيفها بفرشاة أسنان مثلاً .. وفى غالبية من العينات ، يستلزم التنظيف والغسيل عمليات أخرى وبخاصة لإزالة المادة الصخرية العالقة والماسكة بالعينة بشدة ، عندها يلزم استخدام شاكوش جيولوجى صغير مع مجموعة من نوهيات المنحات أو الأزميل والإبر الطويلة وربما مجموعة من المسابر (التى تمس غور الشيء) . كذلك التى يستخدمها أطباء الاسنان تماماً .. وعمل مهارتهم ، تستخلص الحفريات ..

بعض الحفريات قد تستخلص مما يحتويها من صخور أو مادة صخرية ، أوقل .. قد تنظف منها ، باستخدام حامض مخفف . فمثلاً إذا كانت الحفيرة قد عانت من عملية استبدال بمعدن غير كربوناتى (Replaced by noncarbonate material) ومحتواه فى حجر جبرى ، فإن ذاك الأخير يلوب ويزال تماماً باستخدام حامض الابدروكلوريك المخفف ١٠٪ أو حامض الخليك (Acetic acid) كذلك لابد أن يكون بمقدور الدارس أن يزيل بعض الترسبات الكربوناتيّة (Carbonate overgrowths) أو بقايا الصخور عن الحفيرة باستخدام قطارة وحامض مع الحذر من بلوغ قطرة الحامض إلى الحفيرة التى يلزم عندئذ - لو حدث - غسلها بسرعة بالماء .

كل هاتيك الطرق للتنظيف والاعداد المذكورة سبقاً ، إنما تنطبق على الحفريات الكبيرة (Mega-fossils) ، تلك التى تكون من الكبر بالدرجة التى تكفى لرؤيتها بالعين المجردة . أما ما دق من حفريات — الحفريات الدقيقة (Micro-fossils) — والتى تحتم دراستها استخدام المعظم أو المجهر ، فأكثرها شيوعاً هما نوعاً الفورامينيفرا والاستراكودا (Foraminifera and Ostracode) وهما معاً من طائفة جذريات الأقدام أو الريفزويدا من قبيلة الأوليات (Phylum

(Protozon) . مثل تلك الكائنات الدقيقة أو الحفريات الدقيقة بمعنى أدق ، يتم اعدادها للدراسة على النحو التالي :

١ - تقطع الصخور المضيفة أو الحاوية للحفريات إلى قطع في حدود نصف البوصة قطعاً ، ثم توضع تلك القطع في فرن ذي حرارة حوالي ٣٠٠ درجة فهرنهايت (وهو التعديل الذى أدخله ج . د فهرنيت (١٦٨٦ - ١٧٣٦) العالم الفيزيقي الالماني باستخدام الكحول بدلاً من الزيت في الترمومتر فابتكر بذلك المقياس الفهرنيتي حيث درجة الصفر المئوي تقابل ٣٢ درجة فهرنهايت ودرجة المئو أو بمقياس سلزيوس تقابل ٢١٢° فهرنهايت على التوالي) حتى تمام الجفاف .

٢ - توضع القطع الصخرية الجافة في وعاء ، ويضاف اليها الكيروسين الكافي لتغطيتها تماماً .

٣ - يبقى الوضع هكذا ليلة كاملة ، يُسكب بعدها الكيروسين ليضاف بدلاً عنه الماء ، حيث عندما تبدأ العينة في التخلص مما حلق بها ، إذ يفتت هذا (Disintegrate) ، ثم تبقى هكذا ليلة أخرى كاملة .

٤ - تفصل المادة المتبقية من خلال منخل به ٢٠٠ فتحة في السنتيمر المربع (200 mesh screen) ، حيث تنزل كسارات الصخور الأدق وتبقى الحفريات الدقيقة على سطح المنخل بعد تجفيفه ، فتؤخذ وتحفظ ثم تعد للدراسة على شريحة خاصة (١ بوصة × ٣ بوصة) خلقت بمادة صمغية قابلة للليوان في الماء .



وهكذا نستطيع أن نقول اننا كدارسين أو كهواة ، قد تعلمنا حتى الآن كيف نجتمع ، ثم كيف ننظف ونعد عينات المعادن والصخور والحفريات . . ولكن يبقى الأمر الهام وهو كيفية كتابة بيانات العينات ، ثم طريقة حفظها فيدون بطاقات تعريف لا تتأثر بالفائدة العلمية المرجوة من جمع تلك العينات . . وعادة يتم ذلك ابتداء ، فيما يسمى بمفكرة الحقل ، التي يدون فيها الدارس كل ملاحظاته كما أسلفنا - مهما دقت ، أو بدت له

ساعتها ، عديمة الفائدة ، بينما تكون لها الأهمية كل الأهمية في قابل الأيام ، حتى أن بعض الدارسين يسجلون أرقام عيناتهم وجميع بياناتها لتبقى معهم طيلة حياتهم العلمية في سجل دائم ومتصل . . . ونستطيع أن نقول أنه يوجد نوع من بطاقة تعريف العينات يرتبط بالعينة ويلصق بها حين جمعها في الحقل . وكما ذكر آنفاً ، فكل عينة تجمع — صغيرة كانت أو معدنية أو حفريّة ، لا بد لها من بطاقة تعريف تصف وتذكر كيف جمعت والموقع الذي منه جمعت ؟ والذي لا بد أن يوصف هو الآخر بكل الدقة الممكنة ، ولا بد لتلك البطاقة من أن تحتوى على كل المعلومات الجغرافية والمعلومات الجيولوجية بقدر الامكان . وهل جُمعت العينة من مكشّف للصخور كواجهة عجز أو مرتفع طريق أو وجه منحدر أو جانبى خائق أو ضفتى نهر . . أم أنها جُمعت من مادة مفتتة سائلة قد تكون قريباً أو بعيداً من مصدرها أو مكشفتها الصخرى المقدّر . وإذا ما كان هناك أكثر من تكوين جيولوجى ظاهر أو واضح للعينان في المنطقة أو الموقع الذي جُمعت منه العينة ، فلا بد من تحديد التكوين المصدر للعينة بالذات ، كذلك يمكن ذكر الاسم العلمى للعينة إذا كان معروفاً على بطاقة التعريف تلك . . هذا إذا كان معروفاً أو بالإمكان تحديده من الدراسة الحقلية . وقد يلجأ بعض الدارسين إلى الاكتفاء بترقيم عيناتهم فقط في الحقل . ثم يُشار إلى ذاك الرقم في المفكرة التي لا بد أن تشتمل عندئذ على كل المعلومات المتاحة . ونحن نعتقد أنه من الأفضل وضع كل المعلومات الحقلية المرتبطة بالعينة ، لتكون مرجعاً في حالة فقد المفكرة . . إذا حدث ذلك ، ولم تكن البطاقة تحمل البيانات ، ضاعت قيمة العينة تماماً ، وكانت كأن لم تُغن من قبل ، ويضيع الجهد الذى بذل . . وهكذا ، نجد أنفسنا في وقت ما أمام عينات لا نحمل أرقاماً ولا بيانات . . أما النوع الثانى من بطاقات التعريف بالعينة ، فهو ما استقر عليه الأمر أخيراً بشأنها بحيث يكتب التعريف ويطبع كرسمة منتهية للعينة ، ومتفق على تعريفها اتفاقاً نهائياً . . لا يأتيه الباطل من بين يديه ولا من خلفه . . ولا بد عندئذ أن تشتمل البطاقة المتحفية الثانية والنهائية على مايلى :

- ١ - اسم العينة ، والموقع الجغرافى بالضبط والذي جمعت منه .
- ٢ - اسم وصغر الصخر الجيولوجى الذى كان يستضيف أو يحتوى تلك العينة .
- ٣ - اسم جامع العينة وتاريخ جمعها .
- ٤ - الرقم المرجعى في مفكرة الحقل الدائمة مع الدارس أو الباحث لتكون مرجعاً

للمزيد من الدراسة التفصيلية ، إذا ما عَنَّ للباحث أو لغيره أن يستشير المفكرة مستقبلا .
ولقد يرى بعض الدارسين أن يزودوا مفكراتهم الحقلية ببعض الصور الفوتوغرافية عن
المواقع التي جمع منها عيناتهم . ولربما حلا للبعض أن يرتب مفكرته بأبجدية أسماء
المواقع ، بينما يرى آخرون أن يكون الترتيب والتصنيف بأبجدية أسماء العينات .

نماذج على ذلك

من دراسات تمت بكلية العلوم بينها :

عينات من صخور ومعادن :

(Blotite granite)

الاسم : جرانيت بايوتيت

الرقم : ٧٢

(Young Granite)

التكوين الجيولوجي : جرانيت حديث

الموقع الجغرافي : منطقة سانت كاترين جنوب سيناء .

جامع العينه : عبد العظيم مهنا رسالة ماجستير عام (١٩٨٩)

عينه من الحفريات :

Nummulite Gesebense

الاسم : ثنيات جيزاوية

(Forsskal)

منتصف عصر الميوسين

الرقم : ٤٥

Nummulitic Limestone

التكوين الجيولوجي : حجر جيرى ثمي

Qutara Formation

تكوين قوارة :

Nummulitic Gizehensis Zone

نطاق الثنيات الجيزاوية :

الموقع الجغرافي : وادي وزر — وادي فيران ، جنوب سيناء

جامع العينه : محمد كمال البشتاوى — رسالة ماجستير عام ١٩٩٠

من الصخور المتحولة :

Migmatitic granulite gneiss

الاسم : صخر مجهاتيات

الرقم : ١١٧

Migmatites

التكوين الجيولوجي : الصخور المتحولة (الحدية) ..

الموقع الجغرافي : منطقة طابا - نويبع ، جنوب سيناء

جامع العينة : محمد أحمد وتيت - دكتوراه (١٩٩٠)

من المعادن :

Iron , Jasper

الاسم : حديد + جاسبار

الرقم : ١٢

Iron Formation

التكوين الجيولوجي : تكوين الحديد

الموقع الجغرافي : جبل الحديد بالصحراء الشرقية المصرية

جامع العينة : زكريا السيد هميمي ماجستير (١٩٨٨)

كذلك ، فإنه يمكن وضع فهرست كتالوج العينات على أى قاعدة يشاء الدارس ، فلو
من يتمون بالمعادن فقد يرى أن يكون التصنيف الكيميائي مدخلاً مناسباً . وحل
كس من ذلك ، فقد تكون الأفضلية لفهرست أبجدي بسميات المعادن أو أى مدخل
يراه مناسباً ، وقد تصنف عينات الصخور بحسب نشأتها التكوينية إلى صخور نارية
مخور رسوبية وصخور متحولة . كذلك قد تصنف عينات الحفريات بحسب قبائلها
(Phyla) . الخ . وحل أية حال ، فإن ذكر اسم العينة ورقمها ، لابد أن يُسجل ليكون
جما فنياً بعد لكل بياناتها . كما لا يفوتنا أن نذكر أن تخزين العينات بشكل عام يجب أن
فى صوانات خشبية أو زجاجية ذات مواصفات خاصة بذلك ، وتصمم خصيصاً لهذا
رض حتى يسهل عرضها . وبالطبع فإن نوع التخزين يتوقف على ماهية العينة ودرجة
مكها ، وكذلك قيمتها . يبقى القول بأن جمع عينات ذات قيمة قد يساعد على تبادل
نض منها فتستكمل المجاميع عند الدارسين بما يقارب كمالها ..

الباب الثانى

المعادن (Minerals)

— المنصر، أبسط ما عرف حتى اليوم ولا يمكن تحليله إلى أبسط منه . .
— والمعدن ، عنصر أو أكثر . .
— وتعتبر المعادن على درجة عالية من الأهمية الاقتصادية والجمالية والعلمية بشكل عام . فهي اقتصادياً تعتبر الأساس للعديد من العدد والآلات التى نستخدمها ونسعد بها فى حياتنا اليومية . وهى جمالها ، تفتى حياتنا وتملؤها بالبهجة والحبور والسعادة حين تكون من المعادن الاحجار الكريمة ويكون منها المعادن الثمينة التى تزين أصفاق الغيد من نفرتى إلى كليوباترا إلى اليزابيث تايلور . . كم ازدادت كل منهن بالماس والياقوت والذهب . . وهى أخيراً تضى على المتاحف رونقها وألقها . . وهى علمياً ، تشكل بنك المعلومات الذى نترود منه بين الفينة والفينة بلمحات ضوئية فى سردايب الماضى المظلم البعيد ، وفى بحوثنا عن تاريخ الأرض ، وتاريخ الكون . . خبيثة السر التى يلهث وراءها الانسان منذ كان . . إلى يوم لن يكون . . كما أن دراسة المعادن تفيد البشرية فى حضارتها الآنية فى كيفية تخليق

أو تصنيع أشباه المعادن .. بل إننى أعتقد أننا يجب ألا نغضى من حيث نحن وقوف إلى أبعد من ذلك ، دون أن نثبت هنا ونؤكد أن المعادن مرادف للحضارة والتقدم منذ كانت وكان الإنسان .. انظر إلى الإنسان في بدايته ونشأته الأولى حين كان في جماعات متفرقات يقطع الثمار من الأشجار فيها يسمى بالإنسان جامع القوت .. يومها لجأ إلى المعادن في هيئة الطران ليصنع منها أدواته من إبرة إلى سكين إلى رمح .. حين تقابل الإنسان في حياته الأولى مع الحيوان فانتابه خوف وفزع ، لم يسعفه خياله إلا بأن ينحني على الأرض فيمسك بحجر ، وهكذا كانت مع المعادن مسيرته الأولى .. ثم ضرب معدناً أو صخراً بمعدن أو صخر ، فخرجت الشرارة الأولى .. وبالحا من شرارة ، بقدر ما ساعدته في دفعه وطعام ، بقدر ما فتحت له أبواب الحضارة والتقدم . وانتقل الإنسان من عصر حضارى حجري ، إلى عصر آخر حضارى ومعدن أيضاً ، البرونزى ، والنحاسى والحديدى ... وكان الذهب معه على الطريق عنصراً مقدساً يقدم للملوك الآلهة .. كلها عصور حضارية معدنية .. ومع المعادن انطلق الإنسان فكان عصر البخار وعصر الكهرباء وعصر الذرة وعصر الفضاء .. وكلها عصور حضارية وخطى في طريق البريرية البشرية إلى التقدم — مدنياً أو حضارياً — ما كانت لتكون لولا المعادن رفيق الدرب ومطية الركب .

ونعود ، فنقول ان كلمة معدن بشكل عام ، وما ارتبط بها من كلمات ، إنما تشير إلى ما ليس نلحيوان ولا للنبات دخل في تكوينه . وفي هذا الباب من الكتاب سنعرف عن كيفية فحص للمعادن ، وكيف تستست ، وكيف صُنعت ، ومن قبل هذا ومن بعده ، كيف تكونت وأين تتكون ؟ .. ثم لنعلم من بعد علم ، شيئاً عن أشباه المعادن التى هى مواد لا بلورية وتشبه المعادن (Mineraloids) والزجاج (Glass) وغيرها .

تعريف المعدن :

المعدن هو مادة صلبة طبيعية تتكون بشكل عام بطرق غير عضوية وبترتيب داخل منظم للذرات . كما أن للمعدن تركيباً كيميائياً وخواص فيزيائية أو طبيعية ، وأخرى كيميائية قد تكون ثابتة تماماً أو متغيرة لحيد ما داخل إطار محدود . ويمكن تفصيل ذلك التعريف من خلال خمسة مناح رئيسية هى :

١ — أن يكون طبيعياً .

٢ - أن يكون صلباً .

٣ - له ترتيب منظم لمكوناته الذرية .

٤ - له تركيب كيميائي محدد أو متغير في حدود معينة .

٥ - له صفات طبيعية ثابتة أو محدودة التغير ، ويتكون كنتيجة لعمليات غير عضوية .

وعوداً على بدء . فكون المعدن طبيعياً (Natural) يعنى ببساطة أن المعدن لابد أن يكون قد تكون في الطبيعة وبالطبيعة . فما يصنعه الانسان اليوم بما في ذلك تلك التي تعرف بمسميات كروح المعدن (Mineral Spirits) أو زيت المعدن (Mineral Oil) إنما هي في حقيقة الأمر ليست معادن حقيقية على أي الأنحاء كانت ، وبأى معنى وردت . وعلى الجانب الآخر ، فإن الكثير من أحجار الزينة (Gemstones) المصنوعة ، وإن تكن تتلام مع بقية مفردات التعريف السالف للمعدن ، فقد تقبل عند كثرة من المعدنيين الدارسين للمعادن والمتمهتين لهذه المهنة قانونياً تحت مسمى صناعي (Synthetic Mineral) ويرد هنا كذلك مصطلح (Simulated mineral) بما له من معنى مختلف . . فهو الاسم المعطى لأي مادة قد تشبه المعدن وتستخدم لتحل محل المعدن أو مكافئته الصناعي . فمثلا العقيق (Ruby) أو العقيق الصناعي قد صنع بمواد أو خامات معدنية حواء اللون مختلفة ومتعددة كمعدن سبتل (Spinel) الطبيعي أو الصناعي أو الزجاج أو حتى البلاستيك ليكون حجراً كريماً بديلاً عن الحجر الكريم الذي صنعه الطبيعة . فالمعادن الكريمة الطبيعية الحقيقية هي مجموعة من المعادن تستعمل في الزينة ومن مميزاتها الندرة وشدة الصلابة والجمال مثل معدن الألماس والياقوت والزمرد . . وليست المصنوعة بأي حال وعلى أي حال . ومن هنا كانت تسميتها بالكريمة . من هذا المنطلق ، فاللؤلؤ ليس معدناً كريماً ، إذ صانعه هي الحيوانات البحرية الصدفية . والعاج ليس كذلك ، فهو من سن الفيل ، والكهرمان أو العنبر ليس هو أيضاً معدناً كريماً إذ هو إفراز نباتي صمغي . . والفحم الحجري ليس معدناً ، فهو نباتي الأصل . . إلخ .

ونأى إلى الصفة الثانية للمعدن بكونه صلباً (Solid) بحيث تستبعد المحاليل الطبيعية أن تكون معادن ، مثل البترول والغاز الطبيعي . وقد يقبل الكثرة من المعدنيين الزئبق المنصهر (Native mercury) السائل في درجات الحرارة والضغط العادية ، كنوع من

أنواع المعادن بينما هو يتناسب عند 40°C . والصفة الثالثة الفائلة بأن للمعدن ترتيب منظم لمكوناته الذرية ، فهذه في غالب الأحوال هي العلاقة المحددة في التعريف العام للمعدن . فتللك الترتيبات المنتظمة للذرات والتي تشكل في الأبعاد الثلاثة ، تسمى باسم التركيب البلوري (Crystal structure) وهي قد تتكون من ذرات* أو أيونات لعنصر كيميائي واحد ، أو لآحادات لاثنين أو أكثر من تلك العناصر ، وتتوقف الترتيبات الذرية على أمور مثل حجم الذرات أو الأيونات المكونة ، وكذلك على الطريقة التي ترتبط بها مع بعضها ، وهي عادة روابط كهربائية كيميائية (كهروكيميائية) ومنها :

— الرابطة الأيونية الناتجة عن انتقال الإلكترون أو أكثر من المستوى الخارجي في ذرة عنصر إلى المستوى الخارجي للذرة عنصر آخر ، فيحدث الربط بواسطة قوى الجذب الكهروستاتيكي مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) في معدن الهاليت (Halite) .

— الرابطة التساهمية الناتجة عن المشاركة بالإلكترون أو أكثر لإكمال عدد الالكترونات في المستويات الخارجية فتصبح الذرات مشبعة مستقرة . مثل ارتباط ذرات الأكسجين مع ذرات السيليكون في معادن السيليكات ، حيث ترتبط أربع ذرات أكسجين مع ذرة واحدة سيليكون لتكون شكلاً رباعياً متوسط مركزه ذرة السيليكون SiO_2

— الرابطة الفلزية الناتجة عن فقد العدد القليل من الالكترونات الموجودة في المستويات الخارجية لتصبح هذه الذرات أيونات موجبة — أما الالكترونات المفقودة فتشكل سحابة تحيط بالكاتيونات دون أن تسبب أى خلل في الروابط بين الذرات ، وتعمل هذه السحابة على ربط الكاتيونات ببعض .

* ذرة : في الفيزياء والكيمياء ، أصغر جزء من المادة ، اعتبرها جون دالتون الوحدة التي تنقسم إليها المادة ، وثبت غير هذا الآن . فالذرات تتكون من نواة بها جسيمات ، تحمل شحنات كهربية موجبة ، تسمى البروتونات وجسيمات لا تحمل شحنات كهربية تسمى نيوترونات ، وهي تتساوى مع سابقها في الوزن . يحيط بالنواة جسيمات أصغر من البروتونات تسمى الالكترونات ، تحمل شحنات كهربية سالبة وعددها يساوى عدد البروتونات ، لتعادل الذرة كهربياً . والأيونات ذرات تحمل شحنات سالبة أو موجبة ، وتختلف ذرات العناصر المختلفة في الوزن . وكلمة أيون أدخلها أرهينوس (١٨٨٧) كلفظ يوناني للدلالة على تحمل المركبات الكيميائية حيناً تذوب السوائل إلى جزئين ، أحدهما موجب الشحنة الكهربائية ، والآخر سالب الشحنة . وبذلك يمكن لتيار الكهرباء أن يمر في المحلول ، بينما يتصل ذلك في السائل الذي لا يمر في المادة للمادة . ويتكون الأيونات الموجبة عادة من ذرة فقدت الكتروناً سالباً ، والأيون السالب من ذرة اكتسبت أيوناً سالباً . ويمكن للأيونات المختلفة الشحنة أن تتحد مكونة جزيئاً متعادلاً .

— رابطة فان ديرفال الناتجة عن قوى جذب ضعيفة متخلقة على سطح جزئيات متعادلة في المعدن إلى جانب قوى الربط الأخرى . ففي معدن الجرافيت مثلا ترتبط ذرات الكربون مع بعضها البعض برابطة تساهمية لتكوّن صفائح رقيقة في حين ترتبط الصفائح مع بعضها برابطة ضعيفة ، هي التي تسمى رابطة فان ديرفال ، ولذلك يسهل فصل معدن الجرافيت إلى صفائح في مستويات متوازية . إذن فالمعادن التي ترتبط برابطتين إحداهما قوية والثانية ضعيفة ، تكون قابلة للتشقق كمعدن المايكا . . بينما المعادن ذات الرابطة الواحدة فصلية متساهكة كالسكس والمرو .

ونعود إلى المعدن ، فلكل معدن ترتيبه الذري الفريد والخاص ببنائه . وحين تكون ظروف التكوين مناسبة ، فإن الترتيبات المنتظمة لتلك الوحدات البنائية والبنية للمعدن ، تعبر عن نفسها بما يسمى بالأشكال البلورية أو الأوجه البلورية الخارجية ، فتكوين البلورات يُعد تعبيراً أو صورة من صور النظام والتنظيم في الكون وأحكام التناسق فيه بحسب ما أوجده خالقه جل وعلا . فالبلورة جسم صلب متجانس التركيب ، تحده أسطح مستوية هندسية التكوين هي ما تسمى الأوجه البلورية ، والتي هي في حقيقة الأمر تعبير عن الترتيب المنتظم الذري الداخل لوحدات البناء أو العناصر . . . ولنضرب مثلاً وإن يكن القياس مع الفارق . . لو أخذنا قوالب الطوب كوححدات بناء . . فإن هندسة رص تلك القوالب قد ينتج عنها بناء هندي رائع ، وقد ينتج عنها كومات متجمعة بلا شكل جميل ، ولا هندسة ظاهرة . . واذهب ببصرك وبصيرتك إلى البلورات بأشكالها الجمالية الراقية ، وتأمل هندسة بنائها من عناصر شتى ومتفرقة . . وقل معي سبحان الله . . وحدات البناء إذن هي الذرات والأيونات ما يأتلف منها يجتمع وما يتنافر منها يختلف . . شحنة كهربية تنظم الكون كله ، يجذب السالب إلى الموجب والموجب إلى السالب . . وتأمل خلق الله من جاد ونبات وحيوان . . وكله في النهاية قائم على التنظيم والترتيب والربط . . ليخرج البناء في ظروف طبيعية تماما . . أما شكل البناء فيتوقف على اتجاه صفوف الذرات والأيونات في الفراغ والزوايا المحصورة بين هذه الاتجاهات ثم البعد بين الوحدات البنائية المختلفة . . وبالتكرار يكبر البناء وتنمو البلورة — خلية إلى خلية في الكائن الحي ، وفرة إلى ذرة في الجادات . . وحدة في تنظيم الخلق فتنبئ عن وحدة الخالق . فإذا كانت الوحدات متساوية الأبعاد عن بعضها في الاتجاهات الثلاثة ومتعامدة ، كان البناء متساوي الأبعاد

أو مكعباً ، بينما لو كانت الأبعاد غير متساوية مع تعدد الصفوف أعطت بناء معيناً ، وهكذا . .

ومرة ثانية ، تأمل معي قدرة الله . . بين أوجه البلورات زوايا . . قد تطول البلورات وقد تقصر بحسب ظروف نمائها ولكن تبقى الزاوية بين الأوجه ثابتة ثبات المعدن . . في الهند في الهند في بلاد تركب الأفيال يبقى المعدن بذات الزاوية مهما اختلف الزمان والمكان . . نعم ، كل شيء يقدر . نقول قد يختلف النهاء ولكن الزاوية ثابتة . واختلاف نماء البلورة من مكان إلى مكان (شكلاً وحجماً) ، يتوقف على ظروف النمو ويثبت مثل نوع المحلول الذي ستولد فيه البلورة ودرجة نقاوته ، ومثل التبريد والحيز الذي يتم فيه التبلور . . ودون ذلك تشبه البلورة . . ألا ترى إلى الجنين في بطن أمه ، لو اختلفت من حوله البيئة تشبه . . وهكذا فقد تخرج بلورات كاملة الأوجه البلورية وأن تكون بلورات ناقصة الأوجه البلورية أو إذا ما اضطربت ظروف البيئة تماماً ، كانت بلورات مشوهة عديدة الأوجه . . والترتيب المنظم يعطى نمائاً وتنسيقاً يتمثل في محاور ومستويات ومراكز التناقل والتي على أساسها تصنف البلورات إلى فصائل . .

ونعود إلى الصفة الرابعة للمعدن وهي التركيب الكيميائي المحدد أو المتغير في حدود معينة ، فنقول بأن حقيقة القول بثبات التركيب الكيميائي ومن ثم الخواص الطبيعية أو تغيرهما المحدود في نطاق ضيق ، فذاك أمر تتعدد مناحيه ولكل منها وجاهته وأهميته . فالتركيب الكيميائي يعبر عنه عادة بمعادلة تعطى النسب العنصرية المكونة للمعدن ، كما في الملحق في آخر الكتاب ، فمثلاً لو أن ذرة السيليكون (Si) وذرة الأكسجين (O) كانتا موجودتين بنسبة ١ : ٢ في المحلول أو في البلورة فإن التركيب يعبر عنه بالمعادلة (SiO_2) والذي يعنى أنه لكل ذرة سيليكون ذرتان من الأكسجين . وهذا هو معدن المرو (Quartz) ومعدن SiO_2 الأخرى مثل الكريستوباليت وغيره . وهذا النموذج لمعدن ذى تركيب كيميائي محدود وثابت . وطالما أن تركيب المعدن البلورى قد تحدد ، فإن خواصه الطبيعية بالتالى تكون ثابتة . هذا التحديد للتركيب البلورى يجب أن يتحفظ عليه ، لأن بعض العناصر أو مجاميع العناصر قد تتحد وتترابط بطرق مختلفة ، ولكل منها صفاته الطبيعية الخاصة (مثلاً — الماس والجرافيت كلاهما من الكربون النقي ولكن يختلفان شكلاً بعد التبلور بسبب نوعية الرابطة التى تربط للوحدات البانية . وتطلق تسمية

التعددية الشكلية (Polymorphism) عادة على الظاهرة التي يمكن بها أن يكون لنفس المادة الكيميائية أشكالاً بلورية مختلفة . . وإنما الاختلاف هنا ليس في العناصر بل في طريقة ترتيب أو وص الذرات والربط بينها ، والتي ينتج عنها من بعد اختلاف في الخواص ، والفيزيائية منها بالذات . . فللمعادن خواص طبيعية ، نورد بعضاً منها :

خواص فيزيائية ضوئية تشتمل على لون المعدن وتلاعب الألوان على سطوحه ، وتضوؤه (أى يعطى ضوءاً إذ حول اشكال الطاقة إلى ضوء يمثل تعريض المعدن للحرارة أو للأشعاعات المختلفة سينية أو فوق بنفسجية) ، ولون حكاكة المعدن أو أثره إذا ما خدش أو حُك على قطعة من خزف أو نحوها ثم درجة بريق المعدن حين تتعرض سطوحه للضوء المنعكس . ولون المعدن هو لون الموجات الضوئية التي يعكسها من ألوان الطيف ، وهي ألوان ثابتة يتميز بها المعدن ، إلا أن تغيراً ما قد يطرأ عليها ، يُعزى إلى عوامل منها احتواء الشوائب في بناء المعدن ، ومنها موقع الايون والتركيب الكيميائي وتكاثر العناصر ونوع الرابطة . . الخ .

كما أن هناك خواص فيزيائية تماسكية تعكس قدرة المعدن على التماسك في مقابل الخدش والتشقق وما إليها . وفي هذا الصدد نجد الصلادة التي تقاس بمقياس ابتدعه موهز (Mohs) مبتدئاً بالطلق الذي أعطاه صلادة قيمتها واحد ، ومتتبعاً بالماس وصلادته عشرة ، مروراً بمعادن بين هذا وذاك إلا أن الأعداد ما هي إلا دلالة على التدرج النسبي وليس الكمي بأى حال من الأحوال ، ومن ثم فلا معنى أن صلادة الماس عشرة أمثال الطلق . . وعموماً فإن الخواص التماسكية تلك إنما تتوقف على الترتيب الذرى الداخلى للبلورة ، وعلى قوى الربط بين الوحدات البنائية .

وبعد الصلادة ، نجد قدرة المعدن على التشقق أو الانفصام وكذلك الانفصال . . وغيرها . . فهناك معادن ترث التشقق في بنائها منذ النشأة وهناك آخر تكتسب التشقق إثر صلدة . وعلى طريق الخواص الفيزيائية نجد خاصية الوزن النوعي (خاصية الحرارة التي عندها ينصهر المعدن والخواص الكهربائية التي يكتسبها المعدن بالحرارة أو بالضغط ، والخواص المغناطيسية والأشعاعية والحسية . .

أما الخواص الكيميائية للمعادن فهي مجموع المشاهدات التي يبدونها المعدن أو تنتج عنه عند التسخين بلهب مؤكسد أو مختزل فقد تتولد أدخنة وقد تصدر رائحة ، وقد

يحدث انتفاخ للمعدن أو رغووة وقد تحدث فرقة أو توهج وقد يتغير اللون .. الخ .
 .. ونعود فنقول إنه كما تبين من تعريف المعدن ، فإن كلا من التركيب الكيميائي
 والخواص الطبيعية للمعدن قد تتغير تغيراً محدوداً .. مثل تلك المعادن ذات التغير
 المحدود في تركيبها وخواصها ، تكون سلسلة يُشار إليها بسلسلة المحاليل الصلبة (Solid
 Solution Series) أو محلول الجوامد (طور متبلور واحد يختلف تركيبه في حدود معينة دون ظهور
 طور آخر .. وتمتلك معادن تلك السلسلة خواص طبيعية مثل خاصية الكثافة النوعية التي
 ستختلف باختلاف التركيب الكيميائية . والمثل المعروف جيداً لمحلول الجوامد هذا ، هو
 سلسلة فليسابرات البلاجيوكلاز (Plagioclase Feldspar) والتي تمتد من معدن الألبايت (Albite Na
 Al Si₃ O₈) إلى معدن أنورتايت (Anorthite Ca Al Si₂ O₈) .

ونأتى إلى المنحى الخامس والأخير في تعريف المعدن حيث ينص على تكوين المعدن
 طبيعياً (By inorganic process) فهو يحدد أنه لا يدخل لكائن عضوى نباتى أو حيوانى في
 تكوين المعدن بشكل عام ، وأنه حتى المواد غير العضوية الناتجة عن النباتات أو
 الحيوانات (مثلاً — الأراجونيت (Aragonite) الذى يكون اللؤلؤ ..) لا تعد من
 المعادن . إلا أننا نستدرك هنا لنقول إن هناك وجهة نظر لا تستبعد كل المركبات
 العضوية من دنيا المعادن ، وإنما هناك عدد من الأليدوكربونات الصلبة مثل أكسالات
 الكالسيوم (Calcium Oxalate) وغيره ، طالما اعتبرت عند البعض كمعادن .

تسمية وتصنيف المعادن :

إن مسميات بعض المعادن ترجع في أصولها إلى زمان قديم يصعب فيه قص الأثر
 ومعرفة المصدر . فلقد كان (ثيوفراستس تلميذ أرسطاطاليس) ٣٧١ — ٢٨٦ ق .
 م) هو أول من درس المعادن ورتب ما كان معروفاً منها . ثم جاء (الدر) الرومان
 والذى مات إبان ثورة بركان فيزوف عام ٧٩ ب . م وقدم معلومات ومسميات للمعادن
 بقى البعض منها قائماً حتى اليوم . وخلال العصور الوسطى لم يكن للعلم الحقيقى
 ميداناً في أوروبا وانتقل المشعل إلى الشرق فكانت الحضارة العربية . ويعتبر الصباغ
 الكندى جد الفيلسوف المشهور يعقوب الكندى — من أقدم خبراء العرب في ذيك

المجال . ولقد كان بجانبه ومن بعده اسماء لامعة منها عون العبادي وابوب البصري
ويشر بن شاذان وابن الجصاص وابن البهلول . . ويقول سارتون الذي أرخ لتاريخ
العلم أن عطار بن محمد الحسيب هو مؤلف أقدم كتاب اسلامي عن الاحجار . وابن
سيناء الذي رتب المواد إلى أحجار وأرضيات ثم مركبات قابلة للاشتعال ثم أملاح ثم
معادن . . وقسم ابن الرازي المواد إلى نباتية وحيوانية ومعنية ثم قسم المعادن إلى ست
رتب . وكذلك كتب البيروني كتابه « الجواهر في الجواهر » ثم التيفاشي (كتاب أزهار
الافكار في جواهر الاحجار) وابن الأكفاني (كتاب نخب الدخائر في أحوال
الجواهر) . . الخ . على مدى كل تلك المسيرة حُمِلت محاولات عديدة للتعرف على
المعدن بغية التصنيف والتعريف . ولعل المصطلحات الفنية التي ابتكرها التيفاشي ،
العالم الاسلامي العربي في كتابه ومرادفاتها الأجنبية ، توحى بسبق عرب في ذلك
المضمار :

المصطلح التيفاشي	المصطلح الأجنبي	تعريبه الحالي
التشعير	Cleavage	التشقق أو الانفصام أو الانفلاق
المحك	Streak	المخدش أو الحكاكة
الانحكاك	Powder	الحكاكة
المخدش	Hardness	الصلادة
الشعاع	Dispersion	التشتت
المائية / الشفوف	Transparency	الشفافية
الدحرجة	Sphericity	الامتدادة
السوس	Airbubbles	فقاعات الهواء
معدن	Mine	منجم
الطرائق	Twins	التوائم

وفي الجزء الأخير من القرن الثامن عشر ، نبئت فكرة وضع نظم منطقية لتصنيف
المعادن ومن ثم تسميتها . إذ ليس من السهل أن يعامل الدارس مع مئات وآلاف

الاسماء دون مدلولات تهنى أو ترشد . ذلك أنه لو أدرك عن وعى وفهم المعنى وراء التسمية فلربما سهل عليه الإدراك . فلقد نشأت طائفة من الاسماء للمعادن والعناصر وفق الهوى أو الزمان أو المكان .. الخ .. فهناك عنصر « هافنيوم » نسبة إلى الاسم المجهول والقديم لعاصمة الدنمارك القديمة ، وعنصر « لوتيسيام » نسبة إلى اسم باريس القديمة ، وكذلك « جاليوم » نسبة إلى اسم فرنسا الذى كان (جاليا) . ولقد تكون بعض المسميات نسبة لخواص يكتسبها العنصر ومنها « الفوسفور » أو الضوء البارد ، و « الإندسيوم » نسبة إلى اللون الأزرق . وهناك عناصر سميت بأسماء النجوم مثل اليورانيوم (أورانوس) والهلوم (الشمس) . وعناصر نسبت لألهة الإغريق مثل « الفاندسيوم » (فينوس) ، ومعادن نسبت إلى مشاهير من العلماء مثل « جادوليتايت » (جادولين) وعنصر « كوريم » (كورى) و « منديليفايت » (منديليف) و « فيرنادسكايت » (فيرنادسكى) . وهناك معادن نسبت إلى عناصر مثل « الكالسييت » (كالسيوم) و « الموليبدينات » (موليبدنيوم) .. وهناك مسميات معدنية تذهب في أصولها لمسميات هرية أو هندية مثل وهج النار والانتيمون والتوتيا والقصدير والزليق .. ولقد يصعب تمييز المعدن فيعطى الاسم بناء على ذلك ك « كمدن » « أباتايت » ومعناها المعدن الصعب تعريفه .. وهكذا .. ولذلك نقول إنه في حوالى عام ١٨٥٠ أعيد تنظيم مسميات المعدن .. وإجابة على تساؤل كيف تُسمى المعادن ؟ نجد أن أقصر الطرق للإجابة هى القول بأن ذلك يرجع إلى رغبة الواصف الأول للمعدن بلا أية قيود ، اللهم إلا أن يكون اسم المعدن في اللغة الأجنبية متبهاً بأحرف (no) في الغالب وليس الأهم . ولقد وضعت مسميات عديدة بلغات يونانية أو لاتينية قد تحمل في طياتها بعض التعريف بالمعدن .. على سبيل التمثيل كما بينا : لونه (معدن الباييت مأخوذ عن كلمة albus اللاتينية بمعنى أبيض) أو على كثافته العالية (معدن باراييت مأخوذ عن الكلمة اليونانية berys بمعنى ثقيل) . بينما هناك مسميات تتعلق بعناصر المعدن كما بينا في حالة كالسايت ووزنكايت .. تلك كانت طرقاً معمولاً بها وموافقاً عليها لتسمية المعادن ، لأنها تعطى بعض الضوء الكاشف لطبيعة المعدن المسمى بها . وسرعان ما ذهبت تلك المسميات مذهب الاعتقاد والمألوف . ومع ذلك ، فحليئناً جداً جرت تسمية المعادن على مسميات موطن تواجدها الأول الذى عرفت فيه لأول مرة بمعنى أسماء مكانية (معدن أرجونائيت » مأخوذ عن أرجون (Argon) بأسبانيا و « موسكوفاييت » مأخوذ عن موسكو

بالاتحاد السوفيتي) أو على مسميات مكتشفها أو غيرهم من البشر (معدن جوسميثات مأخوذ عن جوزيف سميت). وقد وضع الاتحاد الدولي لعلم المعادن أخيراً الطريقة المثل والمقبولة لدى الكافة لتسمية المعادن المكتشفة لأول مرة. أما المسميات التي جرت على ألسنة خلق الله من دارسى المعادن وهواتها، فقد سجلت كما هي في معاجم المعادن وبخاصة معجم فلشر* والذي يضاف إليه الجديد باستمرار الكشف والبحث ودورياً، منذ طبعته الأولى في عام ١٩٧١.

والهدف من الحديث والبحث في تصنيف المعادن ومسمياتها، هو أن توضع التشابهات منها سوياً، وأن تفصل عن غيرها بحيث يوجد بعض النظام في التعرف عليها. واليوم يستخدم عالمياً تصنيف كيميائى، ينسب عادة إلى الكيميائى السويدي برزيليوس (Berzelius). والرتب العظمى في هذا التقسيم أو التصنيف الكيميائى، هي كما يلي:

الرتبة	المثال والمعادلة الكيميائية لتركيب المعدن
معادن عنصرية Native Elements	الذهب An
الكبريتيدات Selenides and tellurides	جالينا PbS
أملاح كبريتية Sulfosalts	تتراهيدرايت $(Cu, Fe)_{22} Sb_4 S_{16}$
أكاسيد Oxides	هيماتيت $Fe_2 O_3$
أيدروكسيدات Hydroxides	جبسيت $Al (OH)_3$
هاليدات Halides	فلورايت $Ca F_2$
كربوناتات Carbonates	كالسيت $Ca CO_3$
نتراتات Nitrates	نتراتيت $Na NO_3$
أيدوات Iodates	لا يوجد معدن شائع
بورات Borates	بوراكس $Na_2 B_{10} O_{10} H_4 O$
كبريتات Sulfates	بارايت $Ba SO_4$

Reischer M. (1971): Procedure of the International Mineralogical Association Commision on new minerals and minareal names, Am. Mineralogist vol 55, pp 1016-1071 (1980) Glossary of miniral Ariz.

كروكيت $Pb Cr O_4$	كروماتات Chromates
أباتيت $Ca_5 (PO_4)_3 F$	فوسفاتات phosphates
لا يوجد معدن شائع	أنتيموناتات Antimonates
كارنوتيت $K_2 (UO_2)_2 (VO_4)_2 \cdot 3H_2O$	فاناداتات Vanadates
لا يوجد معدن شائع	مركبات عضوية Organic Compounds
كابلانيت $Al_2 SiO_5$	سيليكاتات Silicates
إبيدوت $Ca_2 (Al Fe)_2 Si_2 O_6 (O H)$	ميزوسيليكاتات Meso-silicates
تورمالين $Na Fe_3 Al_6 (BO_3)_2$	سوروسيليكاتات Soro-silicates
دايوسايد $Ca Mg Si_2 O_6$	سيكلوسيليكاتات Cyclo-silicates
موسكوفيت $KAl_2 (Si_2 Al) O_{10} (OH)_2$	إينوسيليكاتات Ino-silicates
أرثيكلاز $K Al Si_3 O_8$	فيلوسيليكاتات Phyllo-Silicates
	تكتوسيليكاتات Tecto-Silicates

واستطرادا مع تصنيف للمعادن على اساس تراكيبها الكيميائية ولحد ما على اساس تراكيبها الذرية ، فسنجد تصنيفاً آخر يستخدم في ذلك الغرض على النحو التالي :

معادن سيليكاتية ونماذج لها :

- مجاميع سيليكية مفردة SiO_2 (أوليفين ، جرنيت) .
- سيليكات حلقية (تورمالين ، بيريل) .
- سلاسل سيليكية مفردة (البيروكسينات مثل الأوجايت) .
- سلاسل سيليكية مزدوجة (الأمفيبولات مثل الهورنبلد) .
- صفائح (المايكا والكلوريت والطلق ومعادن الطين) .
- تراكيب ثلاثية الأبعاد (الفلسبارات وأشباهها والمرو وهذا يتمي إلى الأكاسيد ولكن روى أن يوضع مع السيليكات) .
- سيليكات متنوعة (سيليكات الألومنيوم ، زيولايت ، وتوباز وإبيدوت) .

معادن غير سيلكاتية :

- عناصر طبيعية (نحاس ، جرافيت) .
- أكاسيد (ماجنتايت و قورندم) .
- كبريتيدات (بايرايت و جالينا) .
- هاليدات (الملح الصخري و فلورايت) .
- أملاح الأكسجين (كربونات - كالسيت) .
- كبريتات - باريت .
- فوسفات - أباتايت .
- بورات - بوراكس .

ثم إنه يمكن بعد ذلك تقسيم الرتب إلى مجاميع . فمثلاً المعادن المنصيرية يمكن أن تُقسّم إلى فلزات (Metals) وأشباه الفلزات (Semimetals) والألأفلزات (Nonmetals) كما يمكن تقسيم المجاميع إلى عائلات و/أو فصائل . ثم إن لبعض الفصائل نوعاً أو أكثر . ومن الناحية العملية ، فإنه يجب معاملة النظام التصنيفي هذا ، معاملة مرنة غير جامدة . ومن حسن الحظ فإن بالاتحاد العالمى للمعدنيين ، لجنة تتعامل وترد على ما ينشأ عن هذا النظام من مشاكل أو استفسارات . .

تكوين المعادن : (The occurrence of minerals)

إن سبيل تكوين المعادن هي ذات السبيل التي تتكون بها الصخور . وبما أن الصخور تتواجد في كل مكان ، فلكذلك المعادن .

إن الرمال على شاطئ البحر ما هي إلا معدن المرو في حبيبات دقيقة . وكذلك أكبر عجمر للحجر الجيري ، هو أساساً معدن الكالسيت . والصخور المتحولة الهائلة الأحجام في الصحراء الشرقية (مثل منطقة حفافيت) ، قد تكونت أساساً من المرو والمالكا وربما معادن الجارنت ، وبشكل عام فإن الصخور الشائعة أساسها عدد محدود من المعادن وإن يكن أهمها معادن السيليكات (ما هذا الكالسيت : كربونات الكالسيوم) كما أن العديد من المعادن المعروفة جيداً لا تدخل في تكوين الصخور ،

ومنها المعادن ذوات القيمة الاقتصادية الكبرى . وهنا يستخدم تعبير رواسب معدنية (Mineral deposits) ليصف مثل تلك التواجدات بصرف النظر عن أسس التكوين ذاته .

● الرواسب المعدنية المرتبطة بالصخور النارية : عندما تبرد كتلة صهارية وتتجمد ، تبقى عنها بقية تختلف عنها تماماً . وغداً مثلاً ، الجرانيت يتكون من المرو والفلسبار والمائكا ، تبقى بعد تجمده بقية غنية بعناصر القصدير والرصاص والزنك وغيرها . ذلك لأن تلك العناصر لا تجد لها مكاناً في تركيب المرو والفلسبار والمائكا . ومن ثم فإن ذرات القصدير والنحاس والزنك ستتركز في المتبقى من صهارة الجرانيت بعد تجمدها ، جنباً إلى جنب مع معادن مثل الفلورين والكبريت والحديد والباريوم والكالسيوم في محلول غني بالماء وثاني أكسيد الكربون . وهذا السائل يكون ساخناً ، ومن ثم يسمى بالمحلول المائي الحراري Hydrothermal fluid وهو يعتبر مسئولاً عن العديد من الرواسب المعدنية . أبسط تلك التواجدات ما تسمى بالعروق ، ويتواجد بها نوهان من المعادن : معادن خامات (Ore minerals) مثل الأكاسيد والكبريتيدات ومعادن غنية (gangue minerals) وهي معادن غير ذات قيمة اقتصادية وتختلط بـرواسب الخامات . ومن أمثلة تلك المعادن الغنية المرو والكالسايت والباريت والفلورايت . ولعلنا نؤكد هنا أن كلمة غنية هذه كانت قد استخدمت بواسطة العاملين في المناجم قديماً ولكن بعض تلك المعادن اليوم ، مثل الفلورايت والباريت لها أهمية لا تنكر . بعض العروق تحتوي بلورات كبيرة من السيليكات البائية للصخور ، جنباً إلى جنب مع بلورات لمعادن نادرة مثل البيريل والليثيوم واليورانيوم بل معادن خامات مثل -معدن كاسيتيرايت (أكسيد قصدير) . مثل تلك العروق تسمى عندئذ بجهاتيت وقد تحتوي بلورات تبلغ أمتاراً عديدة في طولها .

في بعض الأحيان تحمل المعادن المحمولة بالمحاليل المائية الساخنة محل كتل صخرية موجودة مسبقاً - وعادة تكون من الأحجار الجيرية - لتكون أجساماً مغذية كبيرة كما هو الحال في رواسب حديد الواحات البحرية ورواسب الرصاص والزنك في الشريط الساحلي والرسوبي خليج السويس والبحر الأحمر . وفي كثير من الأحيان تسبب المحاليل الحارة في تحويل الصخور ويتج عن ذلك ارتباط بين المعادن المتحولة ومعادن الخامات

يسمى سكارن (Skarn) . وعادة ترسب معادن الخامات في نطاقات من حول المصدر الناري . فمثلا من حول كتلة جرانيتية قد توجد معادن القصدير ملاصقة لصخور الجرانيت أو حتى في داخلها ، يلي ذلك معادن النحاس ثم حل البعد معادن الرصاص والزنك . وبطبيعة الحال فستكون للصخور القاعدية ارتباطاتها من خامات المعادن كذلك ، مثل معادن النيكل والبلاتين . . في مسارها ، قد تملأ المحاليل الحرارية الفجوات في الصخور النارية ، أو الكهوف في الصخور الرسوبية أو مكان الفقاعات الغازية (Amygdalae) في اللابة مثلا . بعض المعادن تتكون في تركزات أثناء مراحل التبلور المبكر للصخور النارية . فنجد مثلا تركزات معدن ماجنتايت وهو أكسيد حديد ومعدن إلينيت (أكسيد حديد وتيتانيوم) ومعدن كرومايت (أكسيد كروم حديدي) شائعة التواجد في الصخور القاعدية . وتعتبر الرواسب المعدنية التي تحتوي كبريتيدات لينة سهلة لعوامل التجوية (الجو والماء) وعندما يحدث ذلك تنقلب الكبريتيدات إلى أكاسيد وكربونات (وأحيانا يتحرر المعدن ذاته) ومن ثم يحدث استخلاص للخام . ففي عرق كبريتيد النحاس مثلا ، قد يستخلص كل النحاس من الجزء العلوي أو الظاهر من العرق ، لتبقى فقط كتلة من الليمونيت (أكسيد حديد مائي) . تحت تلك الكتلة قد توجد كتلة من أكاسيد النحاس ، وكربونات النحاس وأحيانا نحاس عنصرى ، ويسفل تلك الكتلة ، نطاق خفي من كبريتيدات النحاس فوق خام النحاس الذي لم يتغير . مثل تلك الكتل من الخامات تحبر ذات قيمة اقتصادية كبرى .

وأما الرواسب المعدنية المصاحبة للصخور الرسوبية أو المرتبطة معها فنوضحها فيما يلي . إن عمليات الترسيب قد تركز العديد من المعادن الهامة . فمثلا نهر يجرى حاملا الرواسب ، قد يحمل في طياتها معادن خفيفة مثل المرو ، خفلا وراده المعادن الثقيلة . وبهذه الطريقة تتواجد تركزات ذات قيمة من الذهب والماس وغيرها من معادن وأحجار الزينة (Gems) والكاسترات والبلاتين . مثل تلك الترسبات من المعادن الثقيلة تسمى رواسب البرقة (Placers) والقديم منها يسمى رواسب البرقة الحفرية (Fossil Placers) تتواجد أحيانا في صخور تبلغ الملايين العديدة من السنين عمراً .

وفي ظروف خاصة تتكون تركزات عالية من مركبات الحديد (كربونات ، أكاسيد ، سيليكات) خلال العمليات الترسيبية .

بعض تلك التركيزات تتبدى وكأنها تكونت مباشرة من الترسيب من ماء البحر (حليد اسوان) بينما غيرها تتبدى وكأنها من فعل المحاليل الحارة الغنية بالحديد على الصخور مابقة الوجود وبخاصة الاحجار الجيرية (حليد الواحات البحرية) وهناك مجموعة من المعادن (وخاصة الكلوريدات والكبريتات) تنشأ عندما تتعرض كميات كبيرة من مياه البحر لعمليات البخر. وتعتبر مثل تلك المعادن هامة اقتصاديا لأنها المصدر الأساسي للصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم في مركباتها المختلفة.

ونعتمد القول ثانية في تكوين المعادن بفرض المزيد من الإيضاح، فلعله مع المزيد من سبل التناول، تتضح الصورة وتكون مفهومة. إن تكوين المعادن يكون عادة محكوما بالظروف الكيميائية (بما فيها الظروف الكيميائية الجيرية) والظروف الطبيعية، وفي الأساس فإن العوامل الحاكمة هي: الحرارة والضغط ثم نوعية ونسب العناصر المتواجدة. والعديد من البيئات، الشائع تكوين معادن متنوعة ومتعددة فيها، سيرد ذكرها في الباب الثالث عند الحديث عن الصخور. ولكننا نَجْمَلُ هنا فنقول إن نشأة أو تكوين المعادن، وخاصة المكونة لصخور القشرة الأرضية، ترجع إلى الآتي:

● معادن تكونت من الصهارة أو الصهير أو الماجما (وهو مصهور باطن الأرض)

(Magma)

● معادن تكونت من محاليل فوق سطح الأرض (Surface Solutions)

● معادن تكونت من مواد لم تبلغ حد الانصهار أو اللويان بواسطة عمليات

التحول (Metamorphism)

ونفصل نوعاً ما، فنقول إن هناك معادن تتكون من الصهارة أو مصهور باطن الأرض عبر مراحل هي:

١ - تبلور مباشر وانعزال البلورات التي تتبلور أولاً، فتكون كاملة الأوجه كالذهب والبلاتين (عناصر) والماجنتات والإلمينات (أكاسيد) والبايريت المغناطيسي (كبريتيد)

٢ - مع انخفاض درجة حرارة الصهير، تبدأ مرحلة تسمى مرحلة التبلور

النوعى ، التدرىجى المستمر فى سلسلة الفلسبارات ، وغير المستمر فى سلسلة المعادن الحديدوماغنيسية .

٣ - مع مزيد من انخفاض درجة الحرارة ، تبدأ المرحلة البيجيتية (Pegmatitic stage)

٤ - مع الانخفاض فى الحرارة أكثر فاكثراً ، تبدأ مرحلة تسمى المرحلة الغازية (Pneumatitic stage)

٥ - وأخيراً ، تأتى المرحلة الحرارية التى تتكون من ذلك المصهور فى باطن الأرض بعد اندفاعه إلى القشرة ، وبذلك تبدأ حرراته فى النزول تدريجياً ، وكلما بلغت الحرارة درجة انصهار معدن ما ، بدأت بلورته تتكون .

ثم .. هناك معادن تتكون من محاليل سطحية عبر المراحل التالية :

١ - بالتبخير .. مياه البحر والمحيط تبخر بحرارة الشمس ، ومع تركيزها ، تتكون بعض المعادن .

٢ - بالترسيب .. وهما معا - التبخير والترسيب - يكونان معادن يفقدان السائل المذيب أو الغاز المذيب .

٣ - بالإحلال .. أيونات فى محاليل محل محل نظائر لها فى الحجم فى بيئات بلورات معادن أخرى كالتحجج (أويال)

٤ - بتأثير الكائنات الحية كالمعادن الكالسيت والكبريت بفعل البكتريا ..

ثم .. معادن تتكون من معادن أخرى بالتحول بالضغط والحرارة والمحاليل الكيميائية فى باطن الأرض .

وعادة تنمو البلورات الطبيعية التى تلفت النظر بجيالاها وهندستها ، حيث :

١ - المكونات الذرية أو الأيونية تكون حرة الحركة ، لتنجذب لبعضها بالنسب المقدرة عند خالقها .

٢ - الظروف تسمح بالنماء المستمر والبطيء والثابت معدلاً .

٣ - حينما يكون السطح الخارجى للبلورة المتنامية طليقاً غير معرض لضغوط بأن يكون فى مساحة واسعة .

ومن الثابت والمؤكد أن البلورات جيدة النماء والتشيد الهيكلي ، توجد مبطنة لجدار الفتحات في الصخور أو داخلها . . الفتحات مثل الكسور والشقوق الصخرية المفتوحة ، والكهوف الدويانية والفجوات . ذلك لأن الفتحات تستقبل المحاليل بما تحمل من عناصر ، فتجد الفرصة المكانية والزمانية ، متاحة لها لتتجمع في شكل بلورات تتنامى دون عائق .

بعض من تلك البلورات متناصفة الإنشاء جيدة هندسة البناء ، تُبنى من محاليل مائية ساخنة تسمى عادة بالمحاليل المائية الحارة (Hydrothermal Solutions) بينما قد يبنى سواها كنتيجة لتكاثف الغازات (المرحلة الغازية السابق ذكرها pneumatolytic stage) . وتتراوح أحجام البلورات فيما بين تلك التي لا ترى إلا بحد من عدسة أو مجهر ، وبين أخرى تكبر وتكبر وتزيد حجماً وطولاً . . وتبلغ أكبر بلورة عثر عليها من صخور البجماتايت بالقرب من كيستون جنوب داكوتا ، نحو خمسين قدماً (أكثر من ١٥ متراً) طولاً من معدن سبوديومين (Spodumene) وعادة تجمع البلورات المجهرية ثم تغمس في مادة خاصة مناسبة لدراساتها وفحصها مجهرياً . كما أن الأوجه البلورية (Crystal-faces) دقت أحجامها أو كبرت ، قد تتردد في ملمسها ما بين نعومة زجاج المرآة والخشونة الشديدة ما بين عمية ومخدشة . . وكل من الأوجه الناعمة والآخرى المخدشة والخشنة ، قد يتواجد في ذات البلورة . . كبلورات المرو الكبيرة .

تواجد المعادن :

تقدم الكهوف والكسور الصخرية ، العديد من أنواع المعادن في أدق وأروع بلوراتها ، التي تحتل أماكنها في المعارض والمتاحف العلمية . كثرة من تلك الكهوف التي قد تصبح موقعاً متميزاً لنشأة البلورات ، لها مسميات شيع استعملها عند الجيولوجيين والهواة الدارسين للمعادن والصخور والرواسب المعدنية . . ونورد هنا بعض الأمثلة :

فقاعات (Vesicles): تعتبر كهوفاً مستديرة الشكل تماماً وتتكون من انطلاق فقاعات غازية من داخل صهير باطن الأرض أو إن شئت مادة الصخر المنصهر حين تأخذ في

البرودة والتجمد . ومن بين ما يوجد في تلك الفجوات من معادن ، نجد مجموعة « زيولايت » (Zeolites) و« برهنيت » (Prehnite) والعقيق (Agate) كتأفج من بين معادن أخرى كثيرة شائعة الوجود في فجوات صخور البازلت .

فجوات (Vugs) وهي الأخرى نوع من الفجوات أو الكهوف في الصخور الرسوبية تكون مبطنة تماماً بالبلورات وبخاصة في الصخور الكربوناتيّة والدولوية (Calcareous and dolomitic) . وتسمى الأسطح المغطاة بالبلورات الصغيرة البارزة في تلك الفجوات باسم مُتًا (Druse) (وهو وصف توصف به هيئة التجمع البلوري ، الذي يغطي سطحه طبقة من البلورات الناتئة) ، بينما تسمى جيود (Geode) (الحجر المظن بمواد معدنية) عندما تكون الحشوة المعدنية التبلورة ، سهلة الالتقاط والفصل عن صخور الفجوة أو الكهوف على شكل عقيدات أو كتيلات . . (مصغر عقدة وكتلة) .

كهوف ذوبانية (Solution cavities): وهي تلك التي تتكون عندما تتساقط المحاليل (الأمطار مع غاز ثاني أكسيد الكربون) مكونة حمض الكربونيك مثلاً ، عبر الصخور فتعمل على إذابتها . وتؤدي وفرة تلك المحاليل وتكرار انسيابها إلى توسيع الكهوف والفواصل ومستويات التطابق ، لتعطي كهوفاً أوسع ، يعقب تكوينها ، ترسيب معادن فيها . وفي مثل تلك الكهوف ، يوجد عادة العديد من رواسب الخامات المعدنية ذوات البلورات الكبيرة مثل « سفاليرايت وجالينا » (Sphalerite, Galena) بجانب أفضل أنواع رواسب الكهوف من مثل الصواعد والموابط (Stalagmites, Stalactites)

نطاق جز (Shear zone): وهذه قد تشكل شقوقاً مفتوحة ، لأنها النطاق الذي تكثر فيه الفواصل التي تتكون في الصخور نتيجة لانزلاق كل الصخور بعضها على بعض ، فيحدث ما يشبه الجز بالمقص . ونطاق الجز حين يكثر فيه تمزق الصخور ، تتحول إلى جريش صخري في هيئة الصخور المسهّاة البريئة التي تحتوى العديد من المساحات المفتوحة . وهذه الأخيرة ، قد تملأ من بعد كلياً أو جزئياً بالمعادن لتكون العروق (Veins) وتلك التي تملأ جزئياً فقط بالمادة المعدنية تكون الفرصة فيها متاحة لتعطي بلورات كاملة ورائعة التكوين . .

فجوات في صخور الجرانيت (Miarolitic cavities) وهي ما يشيع تواجدها في الصخور الجرانيتية بوجه خاص ، حيث كانت فقاعات من غازات ومواد طيارة محبوسة في الصهير الأخذ في التجمد بالتبريد . مثل ذلك الغاز الحبيس يُعطل ويقلل من النهاء الحر لبلورات بعض المواد مثل بعض البلورات الدقيقة للمكونات المعدنية للصخور ، التي ربما منها الفلسبارات والمرو .

صخور البجماتايت (Pegmatites): تستخدم هذه الكلمة بشكل وافر للدلالة على أي صخر يتسم بكمبر حبيباته بشكل غير عادي ، ويحيث تكون تلك الحبيبات متداخلة بما يوحى بنسيج أشبه ما يكون بنسيج الصخور النارية (Igneous like texture) ومع أن غالبية صخور البجماتايت لها تركيب الصخور النارية الجرانيتية إلا أن البعض منها قد يتراوح في تركيبه ما بين الصخور فوق القاعدية مثل « البيريدوتايت » (Peridotite) والصخور المتوسطة التركيب مثل « السيانايت » (Syenite) وتزد أبعاد غالبية حبيبات صخور البجماتايتات عن السنتيمتر ، بينما وجدت بعض الحبيبات التي بلغت أطوال محاورها أمتاراً قليلة . وقد تحتوي أو لا تحتوي الكتل الصخرية البجماتايتية ، خليطاً متجانساً من بلورات البرثايت والميكروكلين والمرو (Perthite, Microcline, Quartz) مع كميات قليلة من المعادن الملونة مثل « البايوتايت » . وهي عندئذ تعرف بالبجماتايت البسيط بينما غيرها قد يكون نطاقياً (Zoned) ويحتوي بجانب ما ذكر على كميات كبيرة من معدن ألبايت (Albite) وأخرى من معادن « أباتايت وبريل وتوباز وتورمالين » ملون . وتتكون البجماتايت البسيطة بشكل عام على هيئة كتل صفائحية تسمى قواطع (Dikes) وتحتوي القليل من البلورات الملفنة للنظر جمالاً واكتمالاً . بينما تلك المركبة تكون عادة ذوات أشكال غير منتظمة أو عدسية وتحتوي على بلورات كبيرة وجميلة . وفي غالب الأحيان فإن البلورات والتي تكون جيدة التشكيل تماماً ، قد تتواجد في جيوب صخرية ويسهل استخلاصها مما يحيط بها ، شريطة ألا يكون العصف سبيل ذلك . وعادة تتجمع البلورات التي تستلزم ظروف تكوينها حرارة وضغطاً وكيميائية عادية . . تتجمع مع بعضها تحت تلك الظروف الحاكمة . . بينما تلك التي يتطلب تكوينها ظروفاً مختلفة فهي لا تتجمع سوياً . . وهل ذلك ، فمعرفة الصلابة المعدنية (Mineral Association) يُعد وسيلة ذات قيمة في الاهتمام إلى المعادن المطلوبة .

التعرف على المعادن :

لقد بلغ عدد ما يعرف من معادن حتى اليوم ، نحو ثلاثة آلاف معدن . وكل من هاتيك المعادن يمكن التعرف عليه بالفحص المجهرى أو بالأشعة السينية أو بالتحاليل الكيميائية أو التحاليل الحرارية أو باكثر من طريقة واحدة من الطرق المذكورة . لكن بعض المعادن الشائعة نسبياً ، مما تلفت نظر الانسان ، يمكن التعرف عليها في العينات اليدوية على أساس مظهرها ، أو بتعرضها للقليل من الفحوص البسيطة . والطريقة العامة للتعرف على المعادن هي أن تُطابق أو تضاهى خواص المعدن المجهول بمثلاتها في المعادن المعروفة ، ويؤخذ في الاعتبار عادة الخواص التالية :

اللمعان (Lustre or luster): وهو المظهر الذى يبدو به سطح مكسور حديثاً لمعدن ، في الضوء المنعكس (Reflected) ويمكن التعرف على كثير من المعادن بواسطة اللمعان . فمن المعادن ما يكون لمعانه فلزياً أو غير فلزى أو حتى ما نسميه تحت فلزى (Submetallic) وهى المعادن ذات البريق غير المكتمل مثل معدن « الكولبات والولفراميت » . ويتم ذلك بواسطة بعض المصطلحات الوصفية مثل المكسر الماسى أو الساطع (وهى صفة للبريق الذى يشبه بريق الألماس ، وقد يطلق وصفاً للمعادن عالية الصلادة أيضاً) . وهناك أيضاً البريق الزجاجى واللؤلؤى والحريرى والريدى .. الخ .

اللون (Colour): يعتبر وجود اللون أو عدمه أو نقصه في المعدن وسيلة ذات نفع في التعرف عليه . فالكثرة من المعادن تكتسب إما لونا موروثاً (Inherent) أو لونا غريباً أو مكتسباً (Exotic) واللون الموروث هو ذاك الذى يتوقف على التركيب الكلى للمعدن مثل اللون الذهبى لمعدن الذهب المنصرى . أما اللون المكتسب أو الثقيل الأجنى فيتوقف على تواجد — وإن كان تواجداً شحيحاً — بعض العناصر المنتشرة خلال مكونات المعدن ووحدات بنائه مثل الشوائب أو الصبغة (Pigment) فالعديد من الألوان التى يرى بها معدن المرو — مع كونه عديم اللون وراثياً — تُعد من المكتسبات الحرارية . ولكن هناك قلة من المعادن مع ذلك تكتسب مؤثرات لونية إضافية مثلما يوجد في خاصية تلاعب الألوان (Play of colours) ثم إن اللون في حد ذاته — وفيزيقياً — ينتج من قدرة

المعدن على عكس نوع معين من الموجات الضوئية التي ينحل إليها الضوء الأبيض العادي التي تسمى بالوان الطيف . فالمعدن الأحمر مثلا ، يمتص جميع الوان الطيف ويعكس الحمراء منها فقط . أما المعدن الأبيض اللون فيعكس جميع الوان الطيف بنسب متساوية . أما المعدن الأسود فهو بالضرورة يمتص جميع الموجات الطيفية والمكونة في مجموعها للضوء العادي . الالوان التي تتميز بها المعادن تكون ثابتة دائما . . وإن حدث تغير ، فبسبب الشوائب أو الصبغات كما ذكرنا ، أو قد يكون بسبب موقع الألوان في التركيب الذرى أو بسبب التركيب الكيميائى وتكافؤ العناصر المكونة للمعدن ، أو حتى بسبب نوع الرابطة بين وحدات البناء . ولقد يتبع خاصية اللون كذلك ، ما يُسمى بتلاعب الألوان حين تتابع الألوان سريعاََ عندما تدار بلورة المعدن حول نفسها ببطء ، أو عندما تتحرك العين بالنسبة للمعدن ، مثل معدن الماس واللابرايدرايت (Diamond and Labradorite) كذلك من توابيع اللون خاصية التضيؤ (أى يعطى ضوءا) إذا ما حول ذلك المعدن الطاقة من حال إلى حال ، كأن يُعرض للحرارة أو الاشعاعات المختلفة فيحولها إلى ضوء ولون . .

المخدش أو الحكاكة (Streak) وهذا هو لون مسحوق المعدن الذى له أهميته كذلك في التعرف على المعدن مثليا يحدث في حالتي معادن الحديد « الهيماتيت والليمونائيت » . فلون المسحوق هنا قد يختلف تماما عن اللون الظاهر الذى يديه المعدن في حالته الكتلية . . علينا هنا أن نلاحظ أن لون المسحوق يختلف أساسياََ وكلياََ عن لون حبيبات المعدن الدقيقة . وللتعرف على تلك الخاصية ، يمكن استخدام فصل ، أو طحن قطعة صغيرة من المعدن في هون خزفي ، أو حتى بسحق المعدن بالشاكوش ، أو إن شئت الدقة فيما يسمى بلوحة المخدش وهي قطعة من الحزف الأبيض يُحك عليها المعدن كأنما يكتب عليها . وليست بالضرورة كل آثار المعادن ملونة وإنما منها ما هو عديم اللون ، أو أبيض اللون . وطبيعى أن تكون أحسن الآثار الدالة ، ما اختلف لونها عن لون المعدن ذاته . فالهيماتيت لونه ضارب إلى السواد ، بينما لون أثره أحمر دموى ، والبايرايت لونه في صفرة النحاس أو الذهب ، بينما لون مخدشه بنى مسود . ويعطى الكالسائيت أثراََ أبيض ، بينما تكون بلوراته إما عديمة اللون شبه شفافة أو بيضاء مشربة بزرقة أو صفرة أو حتى حمرة . وفي كل الحالات إن لم يكن الدارس أو الهاوى من ذوى الدربة والخبرة في

ذاك الشأن ، فلا يجب أن يعول على تلك الخاصية كثيراً ، بل إن ثلثة من المعدنين ذوى المهارة الفائقة فى فحص وتحرى المعادن ، قد يعنون من عمى الألوان ..

الصلادة (Hardness) والذى هى عبارة عن قدرة المعدن على مقاومة خدشه . وعادة تقاس تلك الخاصية نسبياً ، بالمقارنة ، بمعنى هل هذا المعدن أصلد من غيره أم أقل منه صلادة .. إلا أن هناك ما يشبه القياس الكمى للصلادة ، برقم على مقياس اقترحه لأول مرة فردريك موهز (F. Mohs) حوالى عام ١٨٢٠ . ولقد اختار موهز عشرة معادن شائعة لتمثيل درجات صلادة مختلفات للمعادن . وترتب المعادن العشرة ابتداء من أقلها قيمة ، وصعوداً إلى الأعلى على النحو التالى : (١) طلق (Talc) (٢) جبس (gypsum) (٣) كالكسايت (Calcite) (٤) فلورايت (Fluorite) (٥) أباتايت (Apatite) (٦) آرترز (Orthoclase) (٧) مرو (Quartz) (٨) توباز (Topaz) (٩) كورندوم (Corundum) (١٠) ماس (Diamond) .

ولكى نعين قيمة الصلادة لمعدن بمقياس موهز يتبين على المرة أن يحاول أن يخدش مكسراً حديثاً لمعدن معروفة درجة صلادته ، مع طرف حاد للمعدن المجهول أو العكس بالعكس . وسوف يخدش كل معدن طبعاً ، الآخر الأقل منه صلادة . فمثلاً المعدن ذى الصلادة ٢,٥ سوف يخدش معادن الطلق والجبس ولكنه سيخدش هو معدن الكالكسايت أو المعادن ذات الصلادة ٢,٥ أو الأعلى منها . ومع أنه توجد ما تسمى باقلام الصلادة (Hardness Pencil) وهى عبارة عن قصبان صغيرة بأطراف تلتصق عليها مواد ذوات صلادة محددة القيمة ، إلا أن غالبية الجيولوجيين يقدرّون الصلادة التقريرية لما يجهدون من معادن بما فى أيديهم من أدوات ، ويخبرة محدودة يمكن تمييز الفروق . وأكثر ما يستعمل تلقائياً هو ظفر اليد وبه يمكن تقدير الصلادة حتى (٢,٥) ، ثم العملة النحاسية حتى (٣,٥) ، ونصل المطواة أو طرف الشاكوش أو قطعة من زجاج النافذة حتى (٥,٥) وبلورة كوارتز حتى (٧) . وعند تقدير صلادة معدن ما ، لا بد أن نأخذ فى اعتبارنا -أموراً ثلاثة ، هى :

١ - لا تخطئ فى مسحوق المعدن الذى يكون عادة على سطح المعدن وبالتالي أقل صلادة من المعدن ذاته .

٢ - لا تخطط بين تمزق أو تهشم حبيبات تجمع معدن إلى اجزاء صغيرة ناتجة عن الانفصال ، وبين المعدن ذاته .

٣ - تذكر أن هناك قلة من المعادن مثل معدن الكاينائيت (Kyanite) تكتسب خواص تماسكية (صلادة) باختلاف اتجاهات المعدن ذاته .

نعود ثانية إلى الصلادة ، لنقول إنها ليست القدرة على مقاومة الخدش فقط ، وإنما هي في واقع الأمر عدة خواص تسمى في مجموعها بالخواص التماسكية التي تتوقف على :
(أ) التركيب الذري للمعدن ، أي ترتيب الذرات ، أو وحدات البناء ، داخل بلورة المعدن .

(ب) قوى الربط بين الأيونات أو الذرات (وحدات البناء) المكونة أو البانية لبلورة المعدن .

وقدرة المعدن على مقاومة الخدش إحدى الخواص التماسكية . ويعتبر التشقق أو الانفصام ، وهي شقوق (Cleavages) في بعض المعادن موروثية منذ التشكيل الأول أو التصميم الأول لبناء البلورة ، كما في معدن الموريلند (Hornblende) ومعدن الأوجايت (Augite) تعتمد على الترتيب الذري الداخلى . إنه تشقق يظهر بالطرق الخفيف على المعدن ، إن لم يكن ظاهراً أصلاً ، في اتجاهات منتظمة وثابتة الزوايا لكل معدن ، لتملأ سطوحاً مستوية ناعمة تعرف بمستويات التشقق (Cleavage planes) وعادة ما تكون سطوح أو مستويات التشقق تلك موازية دائماً لوجه حقيقي أو وجه محتمل من أوجه البلورة .

كما أن التشقق هذا ، يحدث عادة على طول أحد المستويات الرئيسية في التركيب الشبكي البلورى حيث تكون فيه الذرات متقاربة (مزدحمة) والروابط بينها قوية . ويعتبر معدن المايكا (Mica) نموذجياً في ذلك ، لأنه يعتمد في تركيبه على مجموعة السيليكات (سأ) (رباعية الأوجه والتي تكون باتحادها مع بعضها صفائح مستمرة من تلك المجموعة . وترتبط (الصفائح) مع بعضها بروابط أقل قوة ومتانة بواسطة أيونات البوتاسيوم . ويتبع التشقق عندئذ من تفكك الرابطة الأقل قوة بين البوتاسيوم والأكسجين . وقد يوجد أكثر من اتجاه واحد للتشقق . وبذلك على الانفصام ، وجود

نواصل منتظمة المسافات والأبعاد والزوايا والاتجاهات على سطح ناعم من أسطح بلورة المعدن .

معنى ذلك أن التشقق أو الانفصام لا يوجدان إلا في المعادن المتبلورة . . في البلورات . . أما غير المتبلورة . . فلا يوجد بها ذرات منتظمة في بناء هندسى ، ومن ثم ، لا يحدث تشقق منتظم . إلا أن هناك من صفات التماسك ، ما نسميه الانفصال أو الفصل (Parting) ، وهى مستويات ضعف ، ليست كما في التشقق نتيجة للبناء الذرى ، وإنما هى نتيجة لعوامل خارجية تتعرض لها البلورة بعد تمام بنائها بالضغط أو التكسر أو غيرها من عوامل تهدم البناء بعد تمامه . لهذا ، فمن البلى ألا يكون الانفصال سمة مميزة للمعدن توجد في كل بناياته — بلوراته — مهما اختلفت زمانا ومكانا — كالحال في التشقق وإنما الانفصال قد يوجد في بلورة تعرضت لهدم ، ولا يوجد في أخرى لم تتعرض لهدم ، ومن ثم ، يمكن التمييز الفروق بين وجهيه من أوجه الخواص التماسكية للمعادن ، ونعنى بهما التشقق أو الانفصام والانفصال أو الفصل ، على النحو التالى:

التشقق (الانفصام)	الانفصال (الفصل)
١ — يخضع للبناء الذرى الداخلى للبلورة .	يخضع لعوامل خارجية بعد تمام البناء .
٢ — يحدث أثناء نمو البلورة	يحدث بعد تكوين البلورة .
٣ — يوجد في جميع بلورات المعدن (ورائيا)	يوجد في البلورات التى تعرضت لأثار خارجية فقط .
٤ — يحدث منتظما وعلى مسافات وزوايا متساوية	يحدث عشوائياً .

يتبقى من الخواص التماسكية ، ما يُسمى بالمكسر أو المظهر الذى يبدو عليه المعدن حين يكسر (Fracture) وهو بالضرورة غير التشقق أو الانفصام ، وغير الانفصال كذلك . ويتج عن كسر المعدن عادة ، سطوح تتميز بأشكالها ، فتكون من بعد ، ميزة يتميز بها

المعدن ، وبها يعرف . وهى خاصية توجد فى بعض المعادن وبخاصة غير المتبلورة منها . وهناك مكرس شكله يوحى بشكل الصلصة أو المحارة ، ومن ثم ، يسمى محارياً أو صديفياً . . كل هاتيك وغيرها كثير يمكن أن تتضمنه الخواص التماسكية لمعدن ما .

الوزن النوعى (Specific gravity) : ويعرف بأنه النسبة بين وزن مادة ووزن حجم مساو من الماء عند 4° م ، وتحت ضغط جوى واحد . وتستخدم كلمة كثافة ، كمترادف للوزن النوعى عند بعض الناس (جرام / سم³) ويقدر الوزن النوعى للمعادن بسهولة برغم ما يجب أن يصاحب ذلك من احتياطات . والطريقة الشائعة فى ذلك ، هى ببساطة ، عبارة عن وزن العينة فى الهواء ثم وزنها ثانية غاطسة فى الماء . ويكون الوزن النوعى عندئذ هو :

الوزن فى الهواء

الوزن فى الهواء - الوزن فى الماء

طبقاً لقاعدة أرشميدس المشهورة . . وتعتبر الكثافة النوعية مفيدة بشكل خاص عندما يراد التعرف على هيئة ما دون تعريضها لاختبار قد يدمرها ، مثل خدشها لتحديد صلابتها مثلاً أو معرفة لون حكاكتها أو مسحوقها . ومن ناحية أخرى فيجب أن نذكر أن تلك الطريقة تعد غير مريحة وغير علمية ، وبخاصة فى الحقل ، بسبب ما تتطلبه من أجهزة ومعدات . ولقد استُخدمت طريقتان للتغلب على مثل تلك الصعوبة — صعوبة تعيين الكثافة فى الحقل — هما :

- ١ - بالخير ، حيث إن بعض الناس لديهم القدرة على معرفة الوزن النوعى بمجرد حمل ورفع العينة فى يده .
- ٢ - بإمكانية تواجد واستخدام محاليل ذات كثافات نوعية مختلفة ، فتفحص العينات إذا كانت كثافتها أعلى من كثافة المحلول ، بينما تطفو إذا كانت أقل كثافة من المحلول ، أو تبقى عالقة إذا ما تساوت الكثافتان .

شكل البلورة (Crystall habit) يعرف الشكل الذى تظهر به البلورة للمعين باسم هيئة البلورة ، وهى تترقظ على طبيعة وتركيز المادة والظروف المحيطة بالتكوين والنشاء . ولكن لتذكر : أن أى تغيير فى هيئة البلورة لا يتبعه أبداً أى تغيير فى قيم الزوايا بين

الأوجه البلورية التي هي بصمة كل معدن ، إذ أن اختلاف الاحجام أو حتى عدد الأوجه يعتبر أمراً ثانوياً . . فهناك الأمر الهام الذى يسمى : ثبات الزوايا بين الأوجه لكل معدن . إن زاوية الميل بين وجهين من أوجه البلورة (زاوية بين وجهيه) تعد ثابتة فى بلورات المعدن الواحد عند درجة الحرارة الواحدة مهما اختلفت مظهرية البلورة للمعدن فى الطبيعة ، ومهما تغير بها الزمان والمكان . هذا القانون يعد من القوانين الأساسية والهامة لعلم البلورات ، إذ به يمكن التعرف على كثرة من المعادن إذا ما قيست زواياها بين الوجهية — بدقة ، بواسطة جهاز يسمى « جونيوميتر » الذى يقيس الزوايا الكاملة لمعرفة الزوايا الوجهية الناتجة عن تلاقي أى وجهين متجاورين فى البلورة . من هنا نقول قد يختلف المظهر ، ولكن تبقى الزاوية ثابتة ، إذ ما اختلف المحلول تركيزاً ونقاوة ، وإذا ما اختلف معدل التبريد أو ضاقت أو اتسعت حيز التكوين . فقد تسبب تلك الظروف فى إضافة وحدات بنائية بنسب متساوية فى الأبعاد الثلاثة ، فينتج المكعب ، أو تضاف الوحدات بسرعة فى معدنين فقط طبقاً للمحيز ، الذى يجعل إضافة تلك الوحدات فى البعد الثالث بطيئة ، فتضلع البلورة ، أو تضاف الوحدات البنائية بسرعة كبيرة نسبياً ، فى بعد واحد فقط ، فتكون البلورة الناتجة منشورية الشكل . أما إذا كانت الإضافة بسرعة كبيرة جداً فى بعد واحد ، كانت البلورة إبرية . . وهكذا ، فإن اختلاف المظهر مرتبط بظروف النماء ، ولكن تبقى الزاوية بين الأوجه ثابتة . . مهما تغيرت تلك الأوجه . إن تشوهاً للبلورة قد حدث ولكن الزاوية ثابتة . . لكل بلورة معدن . . . من هنا ، كانت دراسة أشكال البلورات وحياتها ، ذات قيمة وبخاصة فى تعريف المعينات اليدوية . ذلك لأن للعديد من المعادن أشكالها البلورية المميزة أو الشائعة . وكل الأشكال البلورية المعروفة تنتمى لواحد من ست فصائل بلورية كما فى الشكل .

بجانب ذلك ، فإن ترتيب الوحدات البانية يعطى أشكالاً يشار إليها بمصطلحات وصفية تعبر عن الهيئة ، فيما يلى بعض منها :

- ١ — البلورات الإبرية (Acicular) وتشير إلى بلورات تتخذ شكل الإبر .
- ٢ — البلورات الشجرية (Dendritic) وتشير للأشكال التى تشبه النباتات .
- ٣ — التجمعات العنقودية (Colloform or Botryoidal) وهو وصف للهيئة التى توجد عليها بعض المعادن التى تشبه فى مظهرها الخارجى عتود العنب مثل معدن « الملاكيت »

والجوانث : (Malacite and goothite) ويستخدم هذا الوصف للتعبير عن المجاميع المتميزة بأسطح خارجية بها استدارات أو بروزات على شكل أنصاف الكرات ، وعندما تكسر فإن تلك الكتلات أو المعقدات تغطي تركيباً متشعباً أو متمركزاً ، أو كليهما معاً .

٤ - التجمعات في الهيئة البطروخية (Oolitic) ويطلق هذا المصطلح على التجمعات التي تشبه بطارخ السمك (Fish roe) أو السرديات وهي أجسام كروية أو اهليلجية تدّ تحوى على نواة ، وتتردد أقطارها بين ٠.٢٥ مم و - ٢ مم . لكل منها تركيب مركزي أو متشعب أو كلاهما وتكون في العادة جيرية أو سيلكية أو هيماتيتية أو غيرها .

٥ - الهوابط (Stalactites) ويشبهها البعض بالدندول الجليدي (Ice like) وهي أعمدة اسطوانية أو مخروطية من رواسب معدنية ، تتكون في العادة من الكالسيت أو الأراجونيت ، تهبط تدريجياً من أسقف المغارات والكهوف .

كما تستخدم في وصف التجمعات البلورية أوصافاً أخرى ، فنجد هناك مثلاً الأرضي التماسك (Compact earthy) والشعري (Fibrous) وإن شئت الدقة كالألياف ، وهي صفة للمعادن الخيطية الشكل مثل «أكتينولايت» و «تريمولايت» ومنها الصفائح (Platy) والنصل (Blady) وهي بلورات مفلطحة مستطيلة تتخذ شكل نصل السكين أو حتى ورق النبات . . وهي في مجموعها مصطلحات تشتمل في مبناها على معناها .

ومن الخواص الأخرى ، التي يمكن أن تفيد في التعرف على المعدن ، نذكر الشفافية (Diaphanality) والمغناطيسية (Magnetism) ودرجة الذوبان النسبي (Relative Solubility) والمذاق (Taste) واللمس (Feel) والرائحة (Odor) واللمعان (Luminescence) والتضفر والاستشعاع أو اللمص (Phosphorescence and Fluorescence) والاشعاعية (Radioactivity) والصلابة أو المتانة (Tenacity) . . الخ ونتكلم هنا عن بعضها . .

- الشفافية : بعض المعادن تكون شفافة (Transparent) لدرجة يمكن الرؤية من خلالها . والبعض شبه شفاف (شفيف) (Translucent) بحيث يسمح للضوء أن يمر خلالها فقط أو أن تكون معتمة (Opaque) لا تسمح بهذا أو ذاك .

- المغناطيسية : وهي الخاصية التي تسبب انجذاب المعدن إلى المغناطيس مثل معادن «مليجنتايت وبيرهوتايت»

— اللويان : مثل قابلية معدن « هالايت » والعديد غيره للذوبان في الماء . وهناك ما يذوب في الاحماض المخففة أو المركزة .
— الملمس : تبنى بعض المعادن مثل « طلق وجرافيت وسربنتين » ملمساً ناعماً كالشحم أو كالصابون .

— الرائحة : بعض المعادن تعطى رائحة مميزة كمعدن « أوزينوبيرايت » عند كسره أو خدشه أو تسخينه أو التأثير عليه بمحاليل أخرى .

— الفسفرة والاشعاع : بعض المعادن مثل « كالسيت وفلورايت » وغيرها تعطى ألواناً مميزة عندما تتعرض للأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) أو الضوء الاسود (Black light) .

— الاشعاعية : بعض المعادن مثل معدن (يورانينيت) تحتوى عناصر مشعة ، تخرج شحنات تسبب في أن يُصدر عداد « جايجر » ضوءاً أو صوتاً معيناً (وهذا جهاز يسهل حمله ، يستعمل في الكشف عن الحامات المشعة) .

— الصلابة أو المتانة : والاختلاف في قيمتها يؤدي إلى قابلية المعدن للطرق والسحب من عدمه ، فالذهب قابل للسحب والجارنت يتشم . وبعض صفائح المعادن بلاستيكية « كالمايكا » بينما صفائح « الكلورايت » لا تكون كذلك .

وعموماً فإن كل هاتيك الخواص إنما تُعد في مجموعها ، ثمة منميزات بها تتميز معادن عن غيرها ، ومن ثم فهي مفيدة لا شك في التعريف بها أو التعرف عليها .

أشباه المعادن (Mineraloids) والزجاجيات (Glasses) والأمينيات (Macerals)

تلك أنواع ثلاثة من المواد الطبيعية ليست معادن ولكن يشيع تكونها وتواجدها مع المعادن ، ومن ثم ، فهي تعد ذوات أهمية في الدراسات الجيولوجية . فاما أشباه المعادن فهي مواد غير عضوية تماماً ولها العديد من الصفات التي تعزى للمعادن إلا أنها غير متبلورة (لا تتميز بكوناتها بترتيب معين ومن ثم لا تتخذ اشكالاً هندسية) (Amorphous) وأفضل ما يؤخذ مثلاً لتلك المواد هو الأوبال (Opal) وهو حجر سهاوى اللون يسمى عين القط وهو وإن يكن منعدم التبلور تماماً ، إلا أنه بقدر أن يكون من الهلاميات أو الجيلاتينيات . وأما الزجاج وهو كذلك غير متبلور ، فهو يتج عند التبريد الفجائى أو

السريع لمادة مصهور الصخور (الماجما) . ويتبع عن ذلك التبريد السريع سائلا فوق المبرد (Supercooled) ينقصه التركيب الداخلى المنتظم اللازم لتكوين بلورات وتعتبر الصلابة أو اللبونة التي تصيب الزجاج مجرد تعبير عن اللزوجة المتناهية (Viscosity) . ويكون الزجاج الطبيعى جزئيا أو كليا بعض الصخور الناتجة عن التبريد السريع للماجما أو الصهارة (ذوب الصخر فى باطن الأرض) . ويعتبر صخر أوبسيديان (Obsidian) المثل الأكثر شيوعا للزجاج الطبيعى . وقد يتكون الزجاج الطبيعى أيضا بطرق أخرى منها حل سيل المثل عندما تضرب الشهب والنياراك (Meteorites) سطح الأرض أو عندما تبلغ الصواعق الكهربائية رمال الصحراء .

وأما الأمينات (Miscerals) فهي مادة الوحدة العضوية المجهرية مثلها فى النسيج الخشبي والبلور وحفريات الفحم الحجري وهى تعتبر بشكل عام بالنسبة للفحم كما المعادن بالنسبة للصخر . وكما أن غالبية مسميات المعادن تنتهى بالأحرف (-ite) فإن غالبية مسميات الأمينات تنتهى بالأحرف (-inite) وعلى عكس المعادن التى يمكن التحكم فى مسمياتها فإن مسميات الأمينات غير ذلك تماما ، لأن دارسى خواص الفحم والجيوكيميا العضوية والحفريات الأدق ، جميعهم يملون لاستخدام مسميات متعددة ومتنوعة ومختلفة ..

وقبل أن نخلف المعادن وراءنا .. نشدق بعض مصطلحات معجم الجيولوجيا الطبعة الثانية — ١٩٨٢ — مجمع اللغة العربية) عن المعدن وما حوله .. فنجد .

● معدن (Mineral) مادة غير عضوية طبيعية متجانسة التركيب لها صفات فيزيقية متجانسة وتركيب كيميائى ثابت . وقد توجد المعادن فى الطبيعة متبلورة أو غير متبلورة وتكون وحدات تركيب الصخور .

● إثراء معدن (Mineral Enrichment) : رفع المحتوى الفلزى لحام معدن بفعل العوامل الطبيعية .

● سحنة معدنية (Mineral Facies) تعبير يعنى كل الصخور التى تكونت فى ظروف متشابهة من حرارة وضغط تؤدى إلى تكوين مجموعة معينة من المعادن فى تلك الصخور نتيجة لحلول تركيب كيميائى خاص .

● نبع معدني (Mineral Spring) : نبع يحوي مائه كميات كبيرة من الأملاح المعدنية عادية أو نادرة .

● تمعدن (Mineralization) وهي هنا تعني عملية التخلل أو التزود بالمعادن أو العمل على تكوينها ، وهي تعني كذلك عملية التغير إلى معدن مثل تغير فلز إلى اكسيد أو كبريتيد .

● السامة - عرق متمعدن (Mineralized vein) وهو عرق يحوي معدناً مقوماً كسامة الذهب (Gold vein) وسامة الفضة (Silver vein) وغيرهما . وتصغير السامة (عرق) هو سومة (Strenger) أو عريقات .

● نطاق متمعدن (Mineralized zone) : مسطح أو حزام حامل للمعادن تمتد في منطقة ما ، ويتميز عادة بالاتساع إذا قورن بالعروق المعدني .

● عامل مُعدّن (Mineralizer) : عامل يشمل المواد التي تقلل درجة الحالة السائلة ، وتقلل اللزوجة وتسهل التبلور ، وتساعد على تكوين المعادن الحاوية لهذه المواد عند وجودها في الصهارة . وتتكون المحاليل المائية الحارة (Hydrothermal) بتركيز هذه العوامل المعدنية .

● مُعدّنات (Mineralizers) : غازات وأبخرة صهارية نشطة مثل الأيدروجين وبخار الماء ومركبات الفلور والهيدروجين والكبريت والكربون ، وهي تساعد على تكوين المعادن واستخراج وتركيز المركبات الفلزية من الصهارة .

● وأخيراً ، فإن علم المعادن هو فرع من أفرع علم الجيولوجيا الذي يبحث في المعادن من حيث تكوينها وتركيبها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية ، وتصنيفها ، وأحوال وجودها ، وفوائدها .



الكشف عن أو تحري وجود المعادن (Exploration for minerals)
إن الطلب المتزايد على المعادن ، يعنى أن على الجيولوجيين دور هام في استنباط طرق جديدة للكشف عن وتحري وجود المعادن في الطبيعة ، وخاصة راسب الخامات

ذات القيمة وبخاصة في أيامنا هذه بعد أن استغلت ما كان مكتشفاً منها على السطح . ولم يبق اليوم إلا الاجسام والرواسب الحبيطة تحت أغطية من الصخور أو الترات ، سمكية سمكية . ويؤكد الجيولوجي اليوم أن يستخلم في سبيل ذلك عدة سبل باعتبار أن الخامات المعدنية أصبحت اليوم قضية هامة . وقبل أن تكون هذه قضية الجيولوجي فقط ، فهي وفي المقام الأول قضية اقتصادية . وهي قد تعالج بسبل عديدة . السبيل الأول : استغلال الكتلة الصخرية المحتوية على المعدن المطلوب بكاملها لاستخلاص ما يحتويه .

الثانية : اللجوء إلى التعدين على أعماق أبعد . .

الثالثة : اللجوء إلى استغلال المعادن من مياه ورواسب البحار والمحيطات .
الرابعة : إعادة استغلال المعادن التي استغلت (الخردة) .

الخامسة : الاعتماد على مصادر الطاقة غير الحفيرة بعد أن أذنت الأخيرة بالمغيب . وعلى كل حال ، فكل تلك الأمور تستلزم تزايد النشاط الاستكشافي ورفع الأسعار لتشجيع استغلال الخامات الفقيرة ، ثم المزيد من التقدم التكنولوجي في وسائل الاستخراج والمعالجة . ويلزم بعد ذلك وقبله تقديرات موثوق بها عن احتياطات ومصادر الخامات . إذ الاحتياطي هو كمية الراسب المعدن الموجود في الصخور المعروفة والمحددة معالمها والذي يمكن استخراجه منها مع تحقيق ربحية باستخدام الوسائل التكنولوجية المتاحة وتحت الظروف الاقتصادية السائدة . وأما المصدر فهو يضم الاحتياطي المحسوب جنباً إلى جنب مع ما يكون في الامكان استخراجه اقتصادياً في المستقبل مما لا تسمح الظروف سواء كانت اقتصادية أو فنية تكنولوجية باستخراجه حالياً ويضم المصدر بناء على ذلك أى خام لم يكتشف بعد ولم يظهر للمعان ، ولكن الشواهد الجيولوجية أو الجيوكيميائية أو الجيوفيزيائية تشير إلى امكانية العثور عليه . والاحتياطات بدورها تنقسم إلى احتياطات مؤكدة ، واحتياطات محتملة ثم احتياطات مؤمل فيها . وأما الجدوى الاقتصادية لكل ذلك فهي أيضاً على مراتب ثلاث :

١ - خامات يمكن استخراجها حالياً واقتصادياً .

٢ - خامات حُدُثْ ، وهي التي تبلغ تكلفة استخراجها مرة ونصف قدر التكلفة الحالية .

٣ - خامات غير اقتصادية تزيد تكلفتها عن مرة ونصف قدر التكلفة الحالية .

وغنى عن البيان ان غنى أى دولة أو فقرا ، مرتبط بما فى أرضها من ثروات طبيعية وما فى رجاها من همم وفاعلية . فالإقتصاديون يربطون بين الإنتاج القومى وبين رأس المال والعمل . ومع تعديل بسيط نرى أن هناك علاقة بين مستوى المعيشة واستخدام الموارد المعدنية والطاقة يمكن أن تصاغ فى معادلة كما يلى :

$$\frac{\text{استخدام كافة الموارد الأولية} \times \text{استخدامات الطاقة} \times \text{استخدامات المواجهات المعدنية}}{\text{تعداد السكان}} = \text{المستوى المعيشى}$$

ولقد بلغت كمية الإنتاج العالمى من الثروات المعدنية فى ثمانينات هذا القرن . مايل بالآلف طن :

عام ١٩٨٠	عام ١٩٠٠	
٧٨٧١١	٦٩٣٠	خامات وقود
٧٣٢٢٠	٤٠٦٥	خامات فلزية
٤٤٣٠٠	٢٣٠٠	خامات لا فلزية
١٢٤٨	١٠٠	معدلات النمو

كان ذلك استمرافا سريعا يهدف إبراز دور المعادن وأهميته فى معيشة الأفراد وسيادة الأمم .

لذلك فعل الجيولوجى كما قلنا استنباط الجديد واستغلال كل تكنولوجيا ممكنة من أجل الكشف عن خبوء تلك الثروات . وفى استكشاف وتجرى الثروات المعدنية ، نجد طرقا عديدة تختلف باختلاف مدى ما تلقىه من ضوء على خطى البحث .

أولا : تكنولوجيا الاستشعار من البعد :

كلمة تكنولوجيا تعنى ببساطة وضع الاكتشافات العلمية موضع الاستفادة العملية . والاستشعار من البعد ، معناه اكتشاف عيون ترى ما لاتراه عيوننا ، قربت المسافة أم بعدت . تلك العيون المكتشفة هى أجهزة تصوير تستخدم الأشعة تحت الحمراء لحمل ليلا ونهارا بأقمار أو طائرات فتلتقط من الصور ما يمكن إبلاغها لسطح الأرض وتقول لنا نهاية .. هنا قد يكون كذا وكيت .

ثانيا : الطرق الجيوفيزيكية :

لزيادة تركيز الضوء ، يلجأ الباحثون إلى استغلال الخواص الفيزيائية للمعادن . فلو أن خلايا له بعض الخواص المميزة مثل الكثافة العالية أو المغناطيسية أو غيرها . . سيكون من السهل اكتشافه لأنه يختلف في تركيزه متوسط تركيب القشرة الأرضية . من هنا ، تقاس المغناطيسية بأجهزة المغناطومتر وتقاس الجاذبية بمقاس الجرافيمتر وتقاس سرعة انتشار الموجات الصوتية عبر الصخور بجهاز السيسمومتر وتقاس درجة التوصيل الكهربى للصخور بجهاز الفولتметр وتقاس الخاصية الاشعاعية بجهاز ستيلايمتر أو عداد جايجر . وإذا ما أعطت تلك القياسات شلوثا في القيمة عن المتوسط الذى توجد به في صخور القشرة الأرضية العادية (Anomaly) كان ذلك دليلا على تواجد خام . . ومثل تلك الأجهزة قد تُحمل باليد أو بالسيارة أو بالطائرة .

ثالثا : الطرق الجيوكيميائية :

عندما تتجوى كتلة لحام معين ، فإن آثاراً من العناصر الموجودة بها تهرب إلى الثرية . ثم إن تلك العناصر الهاربة قد تلتقط نبات ، أو تفصل بالسيول إلى المخزات المائية . وفي إمكان الطرق الكيميائية الحديثة ، اليوم أن تعطي الجيولوجى أجزاء من مليون جزء من مثل تلك العناصر الهاربة . ومن هنا فجمع عينات من التريت أو من رواسب المجارى المائية وتحليلها قمين بأن يعكس فى ذهن الجيولوجى صورة عن تجمع أو تركزات تلك العناصر أو قل المصدر الذى أتت منه أو استخلصت منه تلك العناصر . . إن الجيولوجى هنا ، يقص أثر ذاك العنصر ، ارتداداً إلى موطنه . ويتم ذلك بعمل قطاعات (Traverses) وجمع عينات وتحليلها ثم توقيع النتائج على رسوم بيانية فتظهر المناطق الشاذة عن التركيب العام لصخور القشرة .

رابعاً : المسح الجيولوجي السطحي
أو العمل الحقل للجيولوجي :

بفرض دراسة وتفسير الظواهر الموجودة ثم تعيين مكاشف الخامات وتوقعها على مخرائط وجمع عينات للتحليل المعمل المعدن والكيميائي أو التعرف على الحفريات وما إلى ذلك . وتبع ذلك بعمل مسح جيولوجي تحت سطحي بحفر الثقوب ودراسة فتمت المناجم لتعيين التتابع الصخري وتقييم الخام واستخراج عينات من أعماقه .

الباب الثالث

الصخور (Rocks)

عند الحديث عن الصخور .. ترد إلى الذهن أمور ، منها :

- العنصر : واحد من نحو مائة عنصر ، أساسها الأيلروجين ذى الوزن الذرى واحد ، وهى ما لا يمكن تحليلها إلى أبسط منها .
- المعدن : قد يكون عنصرى (من عنصر واحد) وقد يكون مركباً كيميائياً .. إلى بقية التعريف ..
- والصخر ، أخيراً : وهو أيضاً من بين تعريفاته ، كما سنرى حالا ، أن يكون من معدن واحد أو من العديد من المعادن .

ما هو الصخر ؟

كذلك أيضا عند الحديث عن الصخور ، ترد إلى الذهن متشابهات ، منها :

أن الصخر بالنسبة للمعادن ، كالفأبة بالنسبة للأشجار . بعض الفأبات ، تتعدد فيها نوعيات الأشجار ، والبعض قد يتكون من نوع واحد من الأشجار . وهكذا

الصخور . وكما أن أشجار الغابات تكون متعددة ومتباينة الأشكال والحجوم - بعيدا عن النوعية - فإنه كذلك تشكل حبيبات المعادن في الصخور بأشكال وحجوم مختلفات . . . كذلك ، وكما تكون الغابات أحيانا - ككل - متشابهة لتصنف سوياً ، ولكي تبقى لكل منها هويتها الخاصة ، فكذلك الصخور تماماً .

ويقول المعجم الجيولوجي الصادر عن مجمع اللغة العربية بالقاهرة (١٩٨٢) ص ٣٢٦ أن الصخر في اللغة هو الحجر العظيم الصلب . ويقابل ذلك في اللغة الانجليزية (Rock) ولها ذات المعنى . وتطلق الكلمة في علم الجيولوجيا على جميع الصور المختلفة للمادة أو المواد الأرضية من حجارة أو متصلد من رمال أو تربة أو غبار . والتعريف العلمي الدقيق لكلمة صخر ، هو : مادة أرضية طبيعية تتكون في الغالب من تجمع معدني متحجر ، يتألف من معدنين أو أكثر ، ويندر أن تتكون من معدن واحد مشوب بمعادن أخرى . ثم إنه كما رأينا ، فاللصخور الغالبة معادن بانية (Rock Forming Minerals) وهي المعادن التي تتركب أو تتكون منها الصخور العادية ، وقد تختلف بالطبيعة عن معادن العروق والرواسب المعدنية ومعادن الخامات التي تعمل العمليات الجيولوجية الطبيعية والكيميائية للتجوية على تركيزها أساسا من الصخور ذاتها . .

المعادن البانية للصخور : (Rock Forming minerals)

وهي ذكر المعادن المكونة للصخور ، فعلى أن نتذكر أن غالبية الصخور تتكون من معادن سيليكية مع قلة من الأكاسيد . ومجموعة واحدة من الصخور الرسوبية تتكون من الكربونات . وفيما يلي مسح شامل وإجمالي لمجاميع المعادن المكونة للصخور .

١ - مجموعة معادن الأوليفين (Olivine group):

تتكون أساسا من سيليكات الماغنسوم والحديد والتي يوجد بها رباي (السيليكون - أكسجين) كوحدة متفصلة . وهذا التركيب متجانس في كل الاتجاهات ، ومن ثم ، فلا يوجد في معادن هذه المجموعة مستويات ضعف أو تشققات . هذا التركيب المتشاك يجعل المعدن صلباً (٦,٥ على مقياس موهز) وكثافته متوسطة (٣,٥) ويمكن قطع الأوليفين إلى معدن زينة . وهو مكوّن من مكونات الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية . يندر أن يوجد هذا المعدن رافقاً إنما يكتسب عادة بظلال ما بين الأخضر والأسود والبني حين يكون غنيا بالحديد . وقد يتواجد في بعض أنواع الرخام . والمعدن

غير ثابت في وجود الماء ، ومن ثم ، فلا يمكن أن يوجد في الصخور الرسوبية والرسوبيات . وتتغير الصخور الحاوية لكثرة من معدن الأوليفين إلى سربيتين بالتفاعل مع المياه في الأحواض .

٢ - مجموعة معادن البيروكسين (Pyroxen group) :

لمعادن هذه المجموعة تركيب يحتوي على رباحي (سيليكون - أكسجين) متحد في سلاسل ، ترتبط مع بعضها على التوازي . وينتج عن طريقة الربط تلك تشققان منشوريان يكونان غالباً متعامدان على بعضهما البعض . وهذه ميزة هامة تتميز بها تلك المجموعة . وللبيروكسينات صلادة من ٥ إلى ٦ ووزن نوعي من ٣ إلى ٣,٦ . وتتكون تلك المجموعة عادة بلون بني أو أخضر أو أسود ، ولا يشيع فيها تواجد البلورات المكتملة . وتتكون هذه المجموعة في الصخور القاعدية وفوق القاعدية وقد توجد أحياناً في الصخور المتوسطة ، والعديد من أنواعها يتكون في الصخور المتحولة ، حتى ليبلغ أن يكون غالبية الصخر أحياناً . ويندر تواجدها في الصخور الرسوبية وقد تتغير إلى سربيتين وكلورايت .

٣ - مجموعة الأمفيبولات (Amphibole group) :

لمعادن هذه المجموعة تركيب مزدوج التسلسل من رباحيات (سيليكون - أكسجين)، وطريقة ترابط تلك السلاسل تعطى تشققان منشوريان يحصران بينهما زاوية ١٢٠° تقريباً . وعدد من أنواع تلك المجموعة ، تتواجد في هيئة ليفية وتسمى عندئذ أسبتوس مع أن هذه التسمية قد ترد أيضاً لأنواع أخرى . وأكثر معادن تلك المجموعة شيوعاً هو الموريلند الذي يكثر في العديد من الصخور النارية والمتحولة . والنوذية الإبرية الشكل الحضره اللون (أكتينولايت) تتواجد في الصخور الجيرية المتحولة . وتحول معادن المجموعة عادة إلى كلورايت .

٤ - مجموعة المايكا (Mica group) :

لمعادن هذه المجموعة تركيب صفائحي من رباحيات سيليكون - أكسجين) ويكون الربط بين الصفائح ضعيفاً ، معطياً تشققاً واضحاً إلى وريقات رقيقة لدنة . وهناك المايكا البيضاء (موسكوفائيت) والسوداء (بايوتايت) وتسمى الكتل الكبيرة من المايكا باسم الكتب (Books) وتوجد في الجيئاتايت وتعطى كميات تجارية حيث أنها مقاومة

للحرارة عازلة للكهرباء . تتكون المايكا في الصخور النارية الحامضية والمتوسطة وفي كثرة من الصخور المتحولة وكذلك في بعض الصخور الرسوبية كالحجر الرمل المايكالي .

٥ - مجموعة الفلسبارات (Feldspar group) :

وهي تشمل أكثر المعادن شيوعاً وأهمها في تكوين الصخور . ويعطى تشكيلها ثلاثي الأبعاد بلورات كتلية لها تشققان متعامدان تقريباً . وهي معادن في غالبيتها يبيضها اللون أو بلون الكريمة أو قرمزية أو خضراء أو رمادية ونادراً ما تكون حمراء أو رمادية داكنة أو بنية . وهناك شقان لهذه المجموعة : الفلسبارات القلّية التي تحتوى على بوتاسيوم وصوديوم ، ثم مجموعة البلاجيوكلاز التي تتراوح في تركيبها من نوعية صودية خالصة (ألبات) إلى نوعية كلسية خالصة (أنورثايت) وهى نوعيات تشتمل على كل من الصوديوم والكالسيوم بنسب مختلفة . ويتميز البلاجيوكلاز بخاصية التركيب الورقى الدقيق الذى يرى عادة على سطح واحد من سطوح التشققات نتيجة لتكرار التواءة . وتتواجد الفلسبارات القلّية في الصخور الحامضية وبعض الصخور المتوسطة النارية ، بينما البلاجيوكلاز يشيع كثيراً في الصخور القاعدية والمتوسطة . وقد تحتوى الصخور المتحولة على الفلسبارات القلّية أو البلاجيوكلاز الغنى بالصوديوم . وتتكرر مجموعة معادن الفلسبارات في المناطق الرطبة إلى كاولين أو الطين الصفى ، ومن ثم ، فهى تتواجد في الرواسب التى تتكون في المناطق الجافة في الصحارى مثلاً أو في ترسيب سريع جداً يعقبه دفن وتغطية الرواسب سريعاً مثلاً يحدث في الألواح الفيضانية (Sheetfloods) .

٦ - مجموعة أشباه الفلسبارات (Feldspathoid group) :

هى مجموعة صغرى توجد فقط في نوعيات معينة من الصخور النارية . أهم معادن هذه المجموعة هما معدنا : نيفيلين المحتوى على الصوديوم ، وليوسايت المحتوى على البوتاسيوم ، ولهما تشقق فقير ولون أبيض أو رمادى باهت . وعادة يكوّن ليوسايت بلورات جيدة ، بينما يكوّن نيفيلين كتلا شحمية المظهر . وتتكون أشباه الفلسبارات في بعض الصخور القاعدية والمتوسطة غير الشائعة التى يكون في تركيبها كميات زائدة من الصوديوم أو البوتاسيوم ، ومعها نقص في كمية السيليكا .

٧ - مجموعة المرو (Quartz group) :

إن المرو وأنواعه يعد من أكثر المعادن شيوعاً في الطبيعة . ويتكون المرو من السيليكون والأكسجين مرتبطين معاً في إطار مستمر من الذرات . ولا يوجد في هذه المجموعة أية تشققات ، ولكن المعدن يتكسر بشكل صدفي أو محاري . وصلادته عالية (٧) . وهناك العديد من النعيمات الملونة ابتداء من الشفاف الرائق (البلور الصخري) ومروراً بالقرمزي والبني والبنفسجي واللبنى والمعتم أخيراً . وتعد الألوان هذا مرجعه وجود آثار من الشوائب في التركيب الذري . والبلورات السداسية من المرو شائعة وقد تبلغ المتر طولاً أو تزيد . وهناك كالسيدون دقيق الحبيبات وهناك نوعية حمراء اللون تسمى جاسبار (Jasper) أو كارنيليان (Carnelian) وإذا ما اتخذ المعدن شكل طبقات فهو عقيق . ومنه أيضاً الزلط والظران في الطبشير والأحجار الجيرية . ويوجد المرو في الصخور النارية الحامضية وفي العروق مصاحباً للمعادن الأخرى . وتنتشر عروق المرو الصغيرة ربما بسبب النشاط الناري أو قد يكون نتيجة ذوبان مواد سطحية أو الصخور المحيطة . ويعتبر المرو مقاوماً للتآكل ومن هنا يكثر في الرسوبيات . وهو كثير كذلك في العديد من الصخور المتحولة . وغالبية الأوبال (مرو دقيق) قد ترسب من محاليل إما في الرواسب أو في فجوات اللابة أو حول العيون الساخنة أو حالاً محل الأنسجة الطرية في نبات أو حيوان .

٨ - مجموعة الكربونات (Carbonate group) :

الكربونات هي الوحيدة الباقية للصخور والتي ليست سيليكات . أهم هذه المجموعة هو الكالسيت (كربونات الكالسيوم) ، والدولومايت (كربونات الكالسيوم والماغنسيوم) وكلاهما يظهر تشققاً رائعاً إلى معيّنات منتظمة. ويتكون الكالسيت في بلورات متميزة معينة الشكل أو على هيئة أسنان الكلب (Dogteeth crystals) ، بينما بلورات الدولومايت على هيئة معيّنات بسيطة تكون أوجهها عادة مقوسة وإن يكن ذلك نادراً . وتبني العديد من الحيوانات هيكلها من الكالسيت . مثل تلك الهياكل قد تكون مصدر الكثير من كالسيت الأحجار الجيرية . وتوجد بلورات الكالسيت عادة في العروق وفجوات الأحجار الجيرية حيث ترسب فيها من المحاليل . وتتكون الهوابط والصواعد من الكالسيت . كذلك قد يتكون الكالسيت في عروق المعادن بالصخور النارية ومثالاً للفجوات في صخور البازلت ويتجج الرخام عن تحول الحجر الجيري وهادة

يتكون من الكالسايث النقى . ويعتبر الدولومايت أقل شيوعا من الكالسايث ، والدولومايت يتكون غالبا بالاحلال محل الكالسايث في الصخور الجيرية الدولوية ، حيث من المحتمل أنه ينتج عن تفاعل مع محاليل تحتوى ماغنسيوم . وبعض معادن الدولومايت تتكون بالترسيب في المراحل المبكرة لتبخير مياه البحر . ويعتبر الدولومايت غبر شائع في العروق . وكل الكربونات تتفاعل مع الأحماض مع حدوث فوران وتساعد غاز ثاى أكسيد الكربون .

٩ - معادن سيليكية أخرى :

هناك معدنان من بين المعادن البائية للصخور لها أهمية خاصة ، هما التورمالين والتيراز ، ويبنى التورمالين من حلقات من رباعيات سيليكون - أكسجين ، جنبا إلى جنب مع وحدات مثلثة الشكل تحتوى على بورون وثلاث ذرات أكسجين ، وهذا يعطى بلورات ثلاثية لها مقطع عرضى مثلثى الشكل . وهو معدن صلد (٧,٥) ولا توجد به تشققات ، ويتردد اللون على مدى واسع ما بين عديم اللون إلى الأسود عبر ظلال كل الألوان المختلفة . وقد تظهر بعض بلورات التورمالين لونيْن محددين أو أكثر في نفس الوقت تبعا للتغيرات في العناصر المتواجدة وقت نمو البلورة . فمثلا قد يبدو مركز البلورة بلون أحر وخارجه نطاق أخضر وعند الطرف لون أصفر ويتواجد التورمالين أساساً في صخور الجرانيت وبخاصة البجياتي ، منه ، حيث تتكون بلورات عملاقة منه . وقد وجد أن التورمالين في صخور الجرانيت قد يحل محل المعادن المبكرة في التكوين مثل البيوتيت وربما يكون ذلك نتيجة للتفاعل مع المحاليل الحاملة للبورون والمتروكة بعد عمليات تبلور الكتل الرئيسية المكونة للجرانيت . وقد تكون تلك المحاليل المتبقية هي سبب تكون المعدن في صخور البجياتيت وهروقي المرو والتورمالين . كذلك قد يتواجد المعدن في حبيبات دقيقة مقاومة في الأحجار الرملية . أما التيراز فهو سيليكات الألومنيوم المحتوية على ايدروكسيل وفلورين . له صلادة عالية (٨) وتشقق قاعدي جيد . قد يكون عديم اللون أو أصفر أو برتقالى أو قرمزي .

١٠ - معادن الصخور المتحولة :

بعض المعادن يختص بتواجدها بالصخور المتحولة مثل جارت ، سيليكات الأنثيم وبعض سيليكات الكالسيوم .

١١ - معادن العروق :

غالبية هذه النوعية غير سيليكية ، رغم إنها في الغالب الأهم ترتبط في تواجدها مع السيليكات . والبعض مثل معدن ماجنتايت يتكون بانياً للصخور . وهناك المعادن الفلززية العنصرية مثل النحاس والفضة والذهب والبلاتين .. الخ . وهناك المعادن اللافلزية العنصرية مثل الكبريت والكربون .. الخ .

١١ - أ - مجموعة معادن الأكاسيد :

يتميز الحديد وإحدأ من - بل وأهم - العناصر الأساسية التي تتواجد هل شكل أكاسيد بالإضافة إلى الألومنيوم والقصدير والمنجنيز . فالحديد في منطقة جبل الحديد وغيره من جنوب الصحراء الشرقية وفي الواحات البحرية وأسوان .. والألومنيوم في منطقة جبل أبي خروق وغيرها بالصحراء الشرقية وكذا القصدير وأما المنجنيز فأشهر تواجدهاته في منطقة أم بجمة بالقرب من أبي زنيمة بجنوب سيناء وكذا في منطقة جبلية بأقصى جنوب الصحراء الشرقية . وبالنسبة للحديد فهناك ثلاثة أكاسيد شائعة تشكل خامات هامة للحديد ، هي ، الماجنتايت والهيماتايت والليمونتايت (مائي) ونلخص خواصها فيما يلي :

ليمونتايت	هيماتايت	ماجنيتايت	
ليست له هيئة معينة	ثلاثي	مكعب	الهيئة البلورية
أسود ، بني ، أصفر ، أحمر أو أرضي	أسود فلزي	أسود فلزي	اللون واللمعان
أصفر	أحمر أو بني عمر	أسود	الحكاقة
٥	٦	٦	الصلادة
٣,٨	٥, -	٥, ٢	الكثافة

١١ - ب - مجموعة الكبريتات :

وتعتبر هذه المجموعة مصدراً للعديد من العناصر التي لا يستغنى عنها الانسان . وأهم معادن تلك المجموعة الباييرايت (كبريتيد الحديد ، مكعب دون تشقق)

والكالكويايراي (كبريتيد النحاس - رياهي دون تشق) والجالينا (كبريتيد الرصاص - مكبي) وله تشق ثلاثي إلى مكعبات ثم البلند أو سفاليرايت (كبريتيد الزنك - مكبي) وله تشق رياهي لا يرى بسهولة). وجميع تلك المعادن تتكون في عروق مرتبطة مع الصخور النارية وعادة مع معادن مثل الباريت والفلورسبار والكالسايت والمرو. وقد تتواجد الكبريتيدات كذلك بالإحلال وبخاصة في الأحجار الجيرية. وتعتبر معادن كالكويايراي وجالينا وبلند، معادن خامات ولكن الباريت يستغل لما فيه من كبريت ولصناعة حامض الكبريتيك. وقد يتواجد الباريت في الصخور الرسوبية (الطفلة السوداء وكملاط في بعض الأحجار الرملية وفي تجمعات عظام وأسنان الحيوانات) ومثل هذا التواجد يعكس ظروف الترسيب بشكل عام، والتي ينقصها الأكسجين. كذلك قد يتواجد الباريت في الصخور الطباشيرية على شكل درنات غير واضحة المصدر.

١١ - ج - مجموعة الهاليدات :

يعتبر معدن الفلورايت (فلوريد الكالسيوم) والملح الصخري (كلوريد الصوديوم) أول المعادن التي تحتوي عناصر من عائلة الهالوجينات (Halogen family) التي هي الفلور والكلور والبروم واليود. ويعتبر فلورايت (فلورسبار) معدناً عرقياً شائعاً، أو معدناً احلالياً في الحجر الجيري كذلك. وهو يتكون في بلورات لها مظهرية الزجاج وفي هيئة مكعبات لها تشققات ثنائية. وأما هالايث فهو واحد من المعادن القلائل التي لها قابلية اللويان في الماء ومذاق خاص. إنه يتكون في طبقات ويتغير الكتل الكبيرة من مياه البحر والمحيط. وهو يوجد بصحبة معادن أخرى يُعتقد أن لها نفس طريقة التكوين، مثل كبريتات الكالسيوم والجبس والانيديريت والدولومايت. ويتكون الملح الصخري في هيئة مكعبة وكذا له تشق مكبي.

١١ - د - مجموعة الكبريتات والكربونات والفسفاتات :

أكثر الكبريتات شيوعاً معدنا الباريت والجبس وهي معادن عرقية عامة. وأما الكربونات، فإضافة لما ذكر من قبل عن دور الكربونات في بناء الصخور، فإن كثرة منها أخرى تتواجد في العروق ومنها معدن سيديرايت (كربونات الحديد) الذي قد يتجاوز في العروق مع معدن جالينا وبلند، كما يتواجد في الطباق الرسوبية المسماة بالأحجار الحديدية (Ironstones). ومن كربونات النحاس نذكر اثنتين هما مالاكيت

(أخضر) وأزورابت (أزرق) وهما يتواجدان سوياً في رواسب النحاس التي تعرضت لفعل المياه والجو (نطلق الأكسدة) . ويعتبر في الغالب الأعم التعرف على هذين المعدنين دليلاً على تواجد معادن النحاس . وأما المعدن الشائع والوحيد في الفوسفاتات فهو أبلتات ، وهو فوسفات كالسيوم يحتوى على فلورين و / أو كلورين . وهو معدن يتواجد في غالبية الصخور النارية وفي بعض الأحجار الجيرية المتحولة . كما أنه يتكون من مكونات العظام والأسنان التي تتحول إلى رواسب ، ويعتبر معدن أباتايت مصدراً هاماً للفوسفات اللازمة لعمليات صناعة السمادات .



— وعوداً على بدء . في أول هذا الباب .. باب الصخور ..

— كان الحديث عن العنصر إذ تتكون منه المعادن ، والمعادن إذ تتكون منها الصخور ..

— وكانت هتبات الحديث ، هي تعريف الصخور ، التي تكونت بداية من معادن تسمى المعادن البائية للصخور .. وقد استعرضناها في عجالة تتفق وهذا الكتاب والغرض منه ..

— وأضحى علينا أن نغشى في باب الصخور أولاً ، ثم نتابع التأمل في مناحي ذلك التعريف المختلفة من تسمية وتصنيف وتكوين ونشأة وتواجد وتداخل ووصف .. كل ذلك لما يسمى بالصخور الحقيقية . وسوف يقفز إلى الذهن حالا أن قد تكون هناك صخور كاذبة (Pseudorocks) .. فما هي ؟ ١٩ . ولنمض سوياً ..

تعريف الصخر :

يعرف الصخر بأنه مادة صلبة طبيعية ، تتكون من حبيبات معدنية أو من أشباه المعادن (Metalloids) أو من المواد الأيونية (Macerals) و/أو مادة زجاجية طبيعية . إذن هناك في حقيقة الأمر ، مناح ثلاثة لهذا التعريف هي ، ١ — طبعياً ٢ — صلباً ٣ —

احتواء معدن أو أكثر . وربما احتاج كل منحنى من منحى هذا التعريف إلى مزيد من الضوء نلقيه عليه .

فالصخر يكون طبيعياً ، بمعنى أنه يتكون فى الطبيعة وبالطبيعة ، فلا يكون مواد مصنوعة كالخرسانة أو الجليخ وما إليها . والصخر يكون صلباً - مع بعض التحفظ - طالما سنعبر الأيسيديان (Obsidian) وغيره من المواد الزجاجية الطبيعية كصخور . بجانب ذلك فإن الصلادة (Solidity) فى الصخور أمر قد يحتاج إلى نظر طالما اعتبرنا المواد المترابحة بين السائبة والمتناسكة كالرمال مثلاً ، صخوراً . كالأحجار الرملية . ولذلك فهناك قاعدة عامة تقول : إذا ما احتجت إلى شاكوش لتكسر ، فهذا الذى ستكسره يكون صخوراً .

والسبب فى احتواء التعريف - من بين ما حوى - على مواد متعددة ومتشعبة كالمعادن والزجاج الطبيعى والمواد الأمنية (macerals) . . هو أن أياً من تلك المواد الطبيعية قد يكون صخوراً بذاته . . وأما سبب استخدام (و/أو) فى التعريف ، فهو أن أى اتحاد أساسى لتلك المكونات قد يوجد فى أى من الصخور . فمثلاً أنواع الفحومات المختلفة . قد تحتوى بشكل عام على (macerals) وعلى حبيبات معدنية كذلك . وأن الكثرة من الصخور البركانية تحتوى على كل من الحبيبات المعدنية والزجاج الطبيعى . وأما سبب استخدام لفظى حبيبات معدنية فى تعريف الصخر بدلاً عن ذكر كلمة معادن مجردة ، فهو أن بعض الصخور قد تتكون أساساً من حبيبات لمعدن واحد ، فمثلاً عن الاتحاد بين معدنين أو أكثر . حتى تلك الصخور التى نسمى صخوراً أحادية المعدن (Monomineralic rock) فلها مظاهر تميزها عن غيرها . . ويمكن أن نصوغ ذلك كله فى قول آخر على النحو التالى . غالبية الصخور تظهر كما لو كانت غير متجانسة بسبب تركيبها و / أو نسيجها الذى هو طريقة ترتيب مكوناتها ، والملاقة المتبادلة بينها وبين بعضها . أما غالبية عينات المعادن فتتبدى متجانسة المظهر . ولكن يبقى ما يشد عن ذلك الإجمال ، مثل الزجاج الطبيعى والأنثراسايت (Anthracite) وهو الفحم الصلب ، ثم الصخور دقيقة الحبيبات . وقيل أن نستطرد ، نقول أن النسيج هو فى حقيقته المظاهر الهندسية للوحدات التى يتكون منها الصخر ، ويحوى بالطبيعة الحجم والشكل . بل أننا

إذا أردنا قدرا من التفصيل ، فلنا أن الوصف الدقيق للنسيج ، أو هي دارسته ، تستلزم معرفة أمور أربعة هي :

١ - درجة التبلور (Crystallinity) بمعنى نسبة المادة المتبلورة إلى غير المتبلورة . ويذكر هنا أن التبريد البطيء للصهارة مع اللزوجة المنخفضة ، يساعدان على تكوين البلورات والعكس صحيح .

٢ - درجة التحبيب (Granularity) وهي حجم الحبيبات المتفاوتة ما بين الأجنة إلى البلورات الكاملة التي تقاس بالأمطار . وطبيعي أن تتوقف حجم الحبيبات أو البلورات على معدل سرعة التبريد ولزوجة الصهارة . كذلك بجانب عامل آخر هام وهو التركيز الأيوني أو هي درجة تركيز العناصر في الصهارة للمادة الجارية تبلورها .

٣ - أشكال البلورات (Shape) وهل هي كاملة الأوجه أو ناقصتها أو متساوية الأبعاد أو مختلفتها ، منتظمة الأبعاد في ثنائها أم غير منتظمة .

٤ - وأخيرا ، العلاقات المتبادلة بين البلورات وبعضها أو بينها وبين ما قد يوجد من مكونات أخرى كالزجاج الطبيعي . (Mutual Relationship)
تسمية وتصنيف الصخور :

كما ذكرنا في كيفية تسمية المعادن ، فإن أصولا كثيرة وجذوراً عديدة من مسميات الصخور ضاربة في غيوب الماضي البعيد . وكالمعادن أيضا ، فإن الصخور قد تسمت بمسميات عديدة نسبت إلى البشر وإلى أمور أخرى . وسوف نورد هنا بعض الأمثلة على ذلك فالحجر الجيري (Limestone) إنما يشير في مساه إلى استخدام تلك المادة في صناعة مادة الجير (Lime CaO) . واسم صخر الفونولايت (Phonolite) قد اشتق أو نحت من الكلمة اللاتينية التي تعني الصوت (Phon) ذلك لأن الصخر يصدر رنيناً عندما يُطرق بالطريقة ، واسم صخر فيالايت (phyllite) قد جاء كذلك من الكلمة اللاتينية (Phylum) بمعنى ورقة . إشارة إلى الطريقة التي يتجزأ بها ذاك الصخر في شكل وريقات . وأما صخر سيانائيت (Syenite) فمصدره كلمة (Syene) بمعنى أسوان بمصر حيث عُرف لأول مرة . كذلك فإن صخر شارنوكايت (Charnockite) قد نُسب إلى (جوب شارنوك Jop Charnock) الذي بُني معبد من ذاك الحجر . وعموما ، فليس هناك تنظيم شامل لمسميات الصخور . ولعله من سوء الطالع أن ليس هناك من المراجع ما يرجع إليه المرء

لمعرفة ما تشير إليه بعض التسميات غير الشائعة ، وما فحواها ، مثل معدن وصخر ياماسكايت (Yamaskite) ومعدن جيز ندهايت (geundheit) .. بل إنه يتعدى معرفة ما إذا كان ذبأك المسعى لصخر أو لمعدن .. أو لسواهما على الإطلاق . نقول أنه ليس هناك في هذا الأمر إلا العودة إلى معجم الجيولوجيا الصادر عن المعهد الجيولوجى الأمريكى وأمثاله .. ولدينا أيضاً معجم الجيولوجيا الصادر عن المجمع اللغوى (١٩٨٢) وإن يكن يحتاج إلى استكمال كبير . وفى غالب من الأحيان ، فإن التصنيف العام لصخر ما ، يُعتبر فى أقل القليل خطوة لا شعورية بانتهاء تعريف ، ومن ثم ، تسمية ذاك الصخر . وتلك حقيقة لأن التصنيف الشامل والأعم للصخور ، إنما ينبى على دراسة أصل الصخر ونشأته ، وتلك أمور تعكسها دراسة تركيبه ، ونسجه أو كليهما معاً .. وهى فى مشملها أمور ليست يسيرة .. وبناء على ذلك ، فالنظام التصنيفى الذى سنورده فى هذا الكتاب ، قائم على معرفة تكوين ونشأة كل صخر على حدة ..

نشأة أو تكوين الصخور (Rock Origin) :

إن أهم التصنيفات الصخرية يقوم أساساً على معرفة الكيفية التى نشأ بها الصخر أو عن طريقها تكون (Rock genesis) . وعلى ذلك ، فإنك لا شك تدرك كل الإدراك كيف تتكون الصخور عندما تأخذ فى الاعتبار أفضل التصنيفات المعمول بها . غالبية من يعملون فى حقل الجيولوجيا ، يأخذون بنظام التصنيف الثلاثى (Tripartite) الذى يقول بالصخور النارية (Igneous) والصخور الرسوبية (Sedimentary) والمتحولة (Metamorphic) وهو تصنيف غاية فى البساطة ، بيد أن هناك العديد من الصخور لا تجد لها موضعاً فى ذاك التقسيم ، أفضل من أن تكون شاغلة للمناطق الحدية منه ، بديلاً عن أن تكون فى صميم قسم من الأقسام الثلاثة . وعلى ذلك ، نيمكن القول بأن التقسيم الثلاثى ذاك ، يعد مفيداً ، إذا ما أخذناه فى الاعتبار على علته ..

تتكون الصخور النارية عندما تبرد الصهارة أو هى ذوب الصخور فى باطن الأرض (Magma) لدرجة تكفى لتصلدها . ذوب الصخور فى باطن الأرض إذا ما خرج إلى سطحها سُمى الحمم أو اللابة (Lava) وهى حمم من صهير الصخر تسيل من فوهة بركان . وهو مسمى يطلق أيضاً على الصخر الصلب الناشئ عن تبرد تلك الحمم ومنها اللابة الحمضية التى يقوم أساس تركيبها على مركبات حمضية خفيفة القوام ، تكون

صخوراً مثل رايولايت ، ومنها اللابة القاعدية التي أساس تركيبها مركبات قاعدية ثقيلة القوام ، تكون صخوراً مثل البازلت . ويسمى سيل الحمم المتصلب أو المنصهر على جوانب البركان بفيض اللابة (Lava Flow) وإذا ما غاض على سطح الأرض وغطى مساحة كبيرة في هيئة طبقة رقيقة كان فريش اللابة (Lava Sheet) . وقد تكون عملية التبريد سريعة ، فينتج عنها تكون مادة الزجاج الطبيعي ، بينما إذا كانت بطيئة ، أتاحت الفرصة لتبلور الحبيبات المعدنية . وكقاعدة عامة ، فإنه كلما كان التبريد بطيئاً ، ومن ثم التصلد ، كانت الحبيبات المعدنية المتكونة (البلورات) خشنة وكبيرة الأحجام . إن غالبية المادة الزجاجية الطبيعية ذات أصل ناري . وتمتلك غالبية الصخور النارية المتبلورة حبيبات معدنية متداخلة كما في الشكل . وعادة ينتج عن تنوع واختلاف تراكيب الصهارة ، جنباً إلى جنب مع ما يحدث فيها من تغيرات أثناء تحركها وتبريدها . نقول أنه ينتج عن كل ذلك ، التنوع والتعدد الكبيرين في الصخور النارية . وكما سنعرف فيما بعد ، فإن مسميات الصخور النارية تشير في مبنائها إلى تراكيب بذاتها ، وكذلك إلى حجوم الحبيبات . إن الصخور النارية تنتج عن ذوب الصخور في الباطن عندما تحتل الظروف الحاكمة فيها يسمى بغرفة الصهارة (Magma Chamber) نتيجة اختلاف في الحرارة والضغط بسبب الحركات الأرضية ، فتندفع تلك الصهارة من مكمنها إلى ما حولها . وبالقطف أيسر السبل باتجاه الضغط الأقل ، وهو باتجاه سطح الأرض وليس باتجاه الباطن . . تندفع فتشق طريقها حرارة فيها وضغط - كالكسكين في الزبد - عبر طبقات القشرة الأرضية ، فتحقن في طبقاتها متوافقة أو غير متوافقة في الوضع التركيبي لطبقات تلك القشرة . وتتلخأ أشكالاً عُرِفَتْ بها الصخور النارية الباطنية أو الجوفية . . . وقد تكون قوة الدفع باتجاه سطح الأرض شديدة . بحيث تبلغ بتلك الصهارة سطح الأرض عبر قناة ، ثم فوهة بركان . . . فتكون عندئذ صخوراً بركانية بعد أن كونت في السابق صخوراً جوفية (Volcanic & Plutonic) . ويعكس التخطيط المرفق تلك الأشكال . . عندما تبتعد الصهارة عن غرفتها حيث الحرارة عالية ، تبدأ تبرد . والتبريد في الجوف بطيء ، والتبريد على السطح أسرع . مع التبريد تتصلد مكونات في هيئة بلورات ، تتخذ سبيلين أحدهما لبلورات المعادن غير الملونة ، في تفاعل مستمر ، وتلك هي مجموعة الفلسبارات . . والسيل الآخر لبلورات المعادن الملونة ، في تفاعل غير مستمر ، وتلك هي مجموعة المعادن الحثيلوماغنيسية (Porromagnesian minemls) . يتم ذلك من خلال ما صوره لنا (بون - Bown) في فكرته التي استخلصها

بتجريبه المعمّل . تلك العملية في مجملها ، تسمى بعملية التمايز (Differentiation) أو تطور الصهارة من حالتها المنصهرة إلى حالة جامدة ، هي الصخور النارية . . تلك القطعات المختلفة من الصهارة ، تتوقف كثيراً على صفات عديدة لمعادن كل قطعة . ولقد ظهر أنه في الظروف العادية ، فإن أول قطعة تكون صخوراً نارية قاعدية ، تليها قطعة تكون صخوراً متوسطة التركيب ، ثالثها قطعة تكون صخوراً نارية حامضية ثم قطعة تالية تكون الصخور البجياتائية . .

تصنيف الصخور النارية (Classification of Igaeous Rocks)

للصخرى من معادن الرو	أنواع معادن القلبيات	حبيبات عشرة	حبيبات متوسطة	حبيبات دقيقة	صفات عامة
أكثر من 10٪ قليل أو متعطل لا يوجد	أوروكلاز وألو بلاجيوكلاز صودي بلاجيوكلاز صودي بلاجيوكلاز كلسي القلبيات قليل أو متعطل	جرانيت سياليت ديورايت جانبو بيروكلايت	ميكروجرانيت ميكروسياليت ميكروديورايت توليرايت	ريولايت تراكيت أنديزيت بازلت	صخور حامضية صخور متوسطة صخور قاعدية صخور فوق قاعدية

وتتكون الصخور الرسوبية بعامة عبر سبيلين اثنين ، هما :

— أن تكون عائدة في أصلها إلى الفتات الصخري المنقول والترسب من بعد حل سطح الأرض (Lithification) .

— أن تكون عائدة في أصلها إلى الترسب من المحاليل فوق سطح الأرض أو بالقرب منه (Pricipitation) .

ويعتبر الرصيص (Conglomerate) وهو الصخر الرسوبي المتكون من حطام صخور قديمة في هيئة حصي مستدير مدملق متراس بإحكام في غيط أو أرضية من مادة رسوبية لاحقة قد تكون مجهرية الحبيبات أو مرئية . . وكذلك البريشة (Breccia) وهي كسارة صخرية زاوية يلتحم بعضها ببعض بمواد لاحقة مختلفة . . أقول ، يعتبر هذان النوعان نماذج للصخور العائدة في نشأتها إلى تفتت صخور سابقة الوجود بأي نوع كانت من أنواع الصخور الثلاثة النارية والرسوبية والمتحولة . بينما تعتبر أنواع أخرى كالملح الصخري (Rock salt) والترافرتين (Travertine) وهي رواسب من كربونات الكالسيوم (Ca Co₃) ناصلة اللون حصوية متناسكة الحبيبات تترسب من المياه السطحية أو الأرضية

على شكل ستيلكتيتات وغيرها من ترسيبات الكهوف أو من حول العينين والينابيع ، وتسمى الأنواع ذوات المسامية الشديدة منها باسم طولات* دقيقة أو لبيدات جيرية . أما الأنواع من الترافرتين المتناسكة المجزعة التي يمكن صقلها ، فتسمى بالجزغ الرخامى . الملح الصخري (NaCl) والترافرتين يعتبران نموذجين للصخور العائدة في أصلها إلى الترسيب من محاليل الأرض ، على سطحها أو تحت سطحها ..

تصنيف الصخور الرسوبية
رواسب كسارية أو ثقافية

الرتبة	الأحجام (مم)	نوع الكسرة أو الشققة الصخرية	سميات الصخر
جلوسونى ، حبيبات أكبر حجما من حبيبات الرمال	٢٥٦	جلامد (Boulders)	رصص ، بويشة
		حصوات كبيرة (Cobbles)	Conglomerate
		حصوات رقيقة (Pebbles)	and Breccia
Rudaceous	٦٤ ٢	رمال Sands	أحجار رملية (Sandstones)
١	١ ٢٥٦	غرين Silt	حجر غرينى (Siltstone)
١٦		طين Clay	حجر طينى Mudstone
(Argillaceous)			Shale

منه

الطولة Tuff صخر رسوبى كيميائى يتكون من كربونات الكالسيوم أو من السيليكا وترسب من محاليل الينابيع أو البحيرات وكذا المياه الأرضية المتخلطة الطف Tuff وهو صخر ثقيل به البراكين فيتجمع حولها ويتكون من حبيبات بركانية متناسكة يقل قطرها عادة عن ٤ مم .

التركيب	كيميائياً	عضوياً
كربونات سليكي حديدى ألومني فوسفات ملحية كربونى	حجر جيري بطروشى ، دولوميت زلط ، طران حجر حديدى بطروشى ، لاثيرايت بوكسايت فوسفورائيت الملح الصخرى والبليس والانييدرايت	أحجار جيرية مرجانية وعذرائية ، طباشير دياتومية وراينولارية خام حديد المسكيات (المستقمت) جورانو (فضلات الطيور البحرية) وعظام بيت Peat وبنجيت Lignite ودهومات

وتتميز الصخور الرسوبية بشكل عام بعدة خواص منها على سبيل المثال التطبيق (Laying, Bedding, Stratification) وكذا تواجد الحفريات بها ، إضافة إلى أن طبيعة الفتات والكسرات الصخرية المنقولة تُعد دلالة واضحة على الأصل والنشأة ، وتكون غالبية الصخور الرسوبية ذوات الأصل الترسيبي من حبيبات معدنية متداخلة ، تشبه في نسجها ، نسج الصخور النارية . ويدل التركيب المعدني للصخور الترسيبية بشكل عام ، على ما إذا كانت قد ترسبت من محاليل على السطح أو قريبا من سطح الأرض . فهناك ترسيب بحري ، وترسيب قارى . . ترسيب بحري لما تحمل المجارى المائية المتكونة بعد تساقط الأمطار ، والتي تغسل كل حين سطح الأرض فتذيب أملاحاً قابلة للذوبان ، وتحمل أخرى قد تغير تركيبها أو هي غير قابلة للتغير فتُحمل عالقة أو غروية . . كل ذلك إلى البحر والمحيط منتهاه . . وفي البحر قد تتغير العوامل الكيميائية (Eh,pH) فتترسب الذائبات كيميائياً وترسب العالقات جاذبها ، وقد تستخلص الكائنات من ماء البحر أملاحاً تبقى بها عظاماً وأسناناً وأصدافاً ، تتجمع من بعد الموت لتكون صخوراً رسوبية مليئة بالحفريات . . وأما الرواسب القارية ، ففي غالبيتها ما تحمل الرياح وترسب بعد حين . .

ونال للصخور المتحولة ، وهي ما تكونت بتحويل الصخور سابقة الوجود بأنواعها الثلاثة كذلك ، نارية ورسوبية ومتحولة ، بعمليات تسمى عمليات التحول (Metamorphism) ، تؤدي بالضرورة إلى تغيرات في حجم الحبيبات و / أو تنظيم تلك المكونات . . أى تغيرات في معدنية وكيميائية ونسيج الصخور التي تعان من التحول . وتحديث عمليات التحول استجابة لتغيرات في الضغط الإندروستاتيكي (استحداث

مضغوط بالسوائل والمحاليل) والارتفاع في درجة الحرارة و / أو التغير في كيميائية المكونات . وهذه العوامل قد تؤثر في حجم صغير من الصخور ، كتلك التي توجد في نطاق فالتز (كسر في الأرض تتحرك على مستواه من الجانبين كتل الصخور) ، أو تلك المتواجدة عند منطقة التلاصق بين كتلة صُهارية ، وماجاورها من صخور اندفعت إليها تلك الكتلة الساخنة . كذلك فقد تصيب عوامل التحول تلك ، حجوماً غير محدودة من الصخور ، كتلك التي توجد في حالة متبلورة في منطقة الأبالاش (أمريكا) ومناطق كثيرة من سلسلة جبال البحر الأحمر كما في حفافيت ومعتق ووادي فيران ، سيناء (مصر) ومناطق عديدة من العالم ، وكذلك في مناطق الفوالق الكبيرة (Fault Zones) .

وعادة تسمى عملية التحول التي تتم داخل نطاق الفوالق باسم التحول الديناميكي (Dynamic or dislocation) ، بينما تلك الناتجة عن فعل الحرارة و / أو المحاليل الكيميائية والمتطائرات النشطة الصادرة عن الصهارة في مراحل تطورها المتأخرة في المرحلة الغازية والمائية الحرارية (Pneumatolytic and Hydrothermal) فيشار إليها بالتحول الناري أو التلاصقي (Contact or Igneous Metamorphism) . أما التحول الذي يصيب حجوماً هائلة في مساحات شاسعات من الصخور فيسمى بالتحول الإقليمي (Regional Metamorphism) وقد يُسمى التحول الدينامي - حراري (Dynamothermal Met.) .

ويفترض أن العمليات التحويلية ، تحدث للصخور في الحالة الصلبة وقبل أن تصل بالضغط والحرارة إلى الانصهار الكامل ، فتصبح صخوراً نارية . . وإنما الضغط والحرارة العاليان مع المحاليل والمتطائرات النشطة ، تصيب الصخور ببعض المرونة والبلاستيكية التي تساعد على التحول وتكوين معادن جديدة ، تميز الصخور المتحولة عن سواها ، نارية أو رسوبية . ولربما كانت خاصية التورق (Foliation) هي أكثر وأسهل صفات التحول ، وهي التي تُرى بالعين المجردة أو بالعدسة البينية ، حيث تأخذ المكونات المعدنية ترتيبات تختارة بسبب ليونتها وتأثير الضغط الموجه عليها . وعموماً ، فإن كثرة من الصخور المتحولة تُبدى تلك الخاصية وإن يكن بدرجات متفاوتة . . ونقصد هنا خاصية التورق (Foliation) .

هناك صخور أخرى ، لا توجد لها مكاناً في متن تلك التقسيمات الثلاثة - نارية ورسوبية ومتحولة . وهذه تشمل على أشياء مثل الأحجار السالوية (Meteorites) (مصدر غير أرضي) والزجاج الطبيعي (Fulgurites) الناتج عن اصطدام النيازك أو ضرب البرق

لرمال الأرض .. ثم .. هناك صخور نتجت عن عوامل التجوية ، هي أيضا يصعب وضعها في صلب قسم من أقسام الصخور الثلاثة ، التي يفرض التسهيل قُسمت إليها الصخور .. ومنها :

● **صخور المتكسرات (Pyroclastics) :** وهي الصخور الفتاتية الحرارية التي تتصلب من مقلوفات البراكين الفتية في هيئة رماد أو كسر صغيرة (Lithification of tephra deposits) . من وجهة نظر المنشأ ، فهي صخور نارية ، بينما من وجهة نظر الترسيب ، بجانب خواصها الصخرية كذلك - صخور رسوبية .

● **الصخور المابعدية (Diagenetic rocks) :** وهي رواسب قد تعرضت لتغيرات كيميائية و / أو طبيعية قد حدثت قبل ، وغالبا إبان التكوين ، تلك التغيرات تسمى التغيرات المابعدية (Diagenesis) . وهي أول التغيرات التي تعترى المادة الأصلية للرواسب بعد نشأتها ، بتأثير المياه الجوفية أو غيرها من المؤثرات الطبيعية كالمحاليل السطحية ، ذلك لأن تلك المياه عادة ما تكون قلوية أو حمضية إلى حد ما ، ومعملة بكميات مختلفة من المعادن الذائبة التي تحل محل المادة الأصلية للراسب ، ويتم هذا في درجات الحرارة والضغط المعتادين .. مرة أخرى نعيد ، بأن العمليات المابعدية تتضمن كل التعديلات والتحولات الفيزيائية والكيميائية التي تجري على الرواسب ، ثم صخورها ، فيما هذا تلك التي تؤدي إلى عمليات التحول والتجوية الهوائية (Metamorphism and Subaerial Weathering) .. وتعتبر تلك العمليات المابعدية التي تشمل على عمليات مثل الإذابة والترسيب والإحلال (Replacement) وليس أبداً التحول وإعادة التبلور .. نقول أنها تعتبر مسئولة عن تكوين صخور رسوبية مثل الأحجار الجيرية المعاد تبلورها والأحجار الدولوية (Dolostones) والظران (Chert) والفحمات الإحلالية .. مثل تلك الصخور التي قد تستلزم حرارة وضغطاً ، لها مدى تمتد من العادية إلى ما قبل التحول ، غالباً ما تعتبر صخوراً رسوبية . ولكن إن شئنا الدقة فهي صخور حثية ، تحتل مناطق الحدود بين الصخور الرسوبية والمتحولة .. ولا يوجد فاصل محدد في المدى الضغطي والحرارى بين النوعين ..

صخور المجماتايت (Migmatite) وهي تعميماً الصخور النايسية (Gneisses) التي تبدو وكأنها خليط من مواد جرانيتية جديدة متداخلة في صخور أقدم منها . هي إذن صخور خليط قد تُرى بالمجهر ، أو بدونه ، تحتوي على بعض الصخور المتحولة ، ذاكئة

اللون (مثل صخر الأمفيولايت أو الناييس الميكائي (Amphibolite or Biotite gneiss) جنباً إلى جنب مع مكونات فاتحة اللون لها التركيب الأساسي للجرانيت) . وفى غالبية صخور المجاثبات ، يظهر الشق المتحول الداكن اللون ، وكأنه قد بقى ثابتاً (Immobile) ، بينما يبدو الشق الجرانيتى فى المكونات ، وكأنه قد تحرك نوعاً ما (Mobile) . بسبب تلك المظهرية ، فقد اعتبرت تلك الصخور حُدُية الموقع فيما بين الصخور المتحولة والصخور النارية . ويمكن أن نقرر فى قول أكثر تحديداً ، أن بعض صخور المجاثبات قد تكون صخوراً متحولة بالكامل .

العروق (Veins) وهى كتل قد ترسبت من محاليل مائية ساخنة (Hydrothermal Solutions) فى شقوق قد تكون أنبوبية (رأسية) أو صفائحية (أفقية) داخل الصخور . وترتد العروق فى أحجامها من مجرد عروق مجهرية إلى ذوات العديد من الأمتار سمكاً والعديد من الكيلومترات طولاً . وهى لا تكون متناسقة فى سمكها على مدى تلك الأطوال البعيدة . وقد تحتوى العروق المقررة على معدن واحد ، أو معدنين أو أكثر . ويشيع بشكل خاص تواجد عروق اللزو ، وعروق الكالسيت ، مع أو بدون مكونات أخرى . وعادة يكون لمعادن العروق تلامصات واضحة وحادة ، مع ما يحيط بها من صخور ، أو قد توجد منطقة من العروق المتداخلة (Interveining) أو المتعارضة ، فيكون لها من الخواص ما يؤكد أن الصخور الأم قد تغيرت إلى - أو حل محلها - الصخر الحالى . وقد تمثل الكسور التى ترسبت فيها معادن العروق ، العديد من المظاهر المختلفة مثل ؛ شقوق (Joints) والفوالق (Faults) أو مستويات التطابق (Bedding planes) التى اتسعت بعمليات الإذابة ، أو الكهوف والفجوات داخل البريشة .

صخور ناتجة عن عمليات التجوية : قد تسمى نواتج التجوية التى تتماسك لتكون مواد صلبة ، تسمى بالصخور .. ومن أوفرها الطينيات (Laterites and Clays) والبوكسايت (Bauxite) والجوسان (Gossan) . فالطينيات والصلصال ، هى معادن طينية جفت وتصلبت واكتسبت خاصية اللدانة . وحجم معظم حبيباتها أقل من $\frac{1}{16}$ مم

والمعادن المكونة أو الداخلة فى تكوين الطينيات تشكل مجموعة من أمثالها معادن المونتموريللوناييت (Montmorillonite) والكاوليناييت (Kaolinite) والإيللايت (Illite) . وتعتبر اللاتيرايت تربة حمراء متبقية تنشأ فى المناطق الرطبة الاستوائية الجيدة الصرف

والتي رشحت منها السيليكا . وتحتوى على تركيزات من ايدروكسيدات الحديد والالومنيوم . وتعتبر أحياناً خاماً للحديد أو الالومنيوم أو المنجنيز ، أو النيكل .. وأما البوكسيت ، فهو راسب يتكون من أكسيد الالومنيوم المائي فقير الحديد ، يوجد في المناطق الاستوائية المطيرة ويستغل مصدراً لعنصر الألمنيوم . وأما الجوسمان ، وقد يسمى بقبة الحديد (Iron hat) فهو راسب حديدى يوجد في الأجزاء العليا لبعض رواسب خامات المعادن ، يتكون بالتأكسد ، وبالتخلص من الكبريت أو النحاس أو غير ذلك من العناصر . ويدخل في تركيبه أكاسيد الحديد وعلى الأخص المائية منها . وتشتمل الطرق المؤدية إلى مثل تلك الصخور ، عمليات التجوية الكيميائية من مثل عمليات الإذابة والأكسدة والاختزال والتميز .. وإبان نشاط تلك العمليات ، فقد تتكسر المعادن الموجودة في مواد الصخور الأم أو المصدر ، في حين قد تتكون معادن جديدة .. كذلك قد تستخلص أو تضاف مواد معدنية جديدة عند الإنسياب البنى لتلك المحاليل . ويمكن التعرف على مفردات معادن تلك الصخور بواسطة المجهر ..

تواجدات الصخور (Rock Occurences) .

- الصخور تكون قشرة الأرض .
- فالأرض بيضية شكلاً ، تتكون من العديد من الأغلفة ..
- واحد من تلك الأغلفة وأكبرها ، هو الغلاف الصلب ، ومن داخله يتميز كذلك إلى أغلفة ، أصغرها والخارجى منها هى القشرة . وتطلق لفظة صخر الأديم أو الأساس (Bedrock) على صخر المنطقة الذى ترتكز عليه التربة ، والذى لم تؤثر فيه المؤثرات الجوية بعد ، وقد تكون التربة المرتكزة عليه ناتجة منه أو مترسبة فوقه ومنقولة إليه من أماكن أخرى . أو هى تلك الصخور التى تظهر لترى على السطح في المكاشف ، سواء كانت طبيعية مثل السيف أو الشاطئ الصخري (Cliff) أو من صنع البشر كالمحاجر . وفي المناطق التى يكون فيها صخر الأديم مكشوفاً ، يكون من اليسير مشاهدة وجمع عينات ممثلة ، بينما في المناطق التى تكون فيها على سبيل المثال التجوية الكيميائية نشطة وعميقة ، أو أن يكون الغطاء الرسوبى كثيفاً ، فقد يصعب أن نعتز على صخور الأساس ، أو على عينات منه .. ولحسن الحظ ففى بعض مثل تلك المناطق ، تكون الأحجار المتنوعة موجودة فيما يسمى بصخور الغطاء (Overburden) وعندئذ يكون من السهل الحصول على عينات منها . وتعتبر بعض الحفر الحصى في رواسب المتاليج ،

وكذلك في بعض الشواطئ المغطاة بالجلاميد (Cobbles) مواقع أو مصائد لعينات الصخور التي لمطعمها التلوج أو السيول من على ، ويسمى البعض بجنة جامعى العينات وهوائها ("Rock Collectors "Heaven")

وعبر كل العالم ، فإن أفضل الطرق للبحث عن الأنواع المختلفة للصخور المتواجدة في منطقة ما ، سواء مغطاة كانت أو مفرغة ، هو أن تفحص الخرافط الجيولوجية للمنطقة ، أو المناطق التي يتم بها الدارس . وبالطبع فإن الخرافط الجيولوجية ذوات المقاييس والأنواع المتعددة ، تتوفر في هيئة المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية بطريق صلاح سالم بالعباسية - القاهرة . . وقد توجد كذلك في الجامعات . وعند البحث في خريطة جيولوجية فسوف تلمس أن هناك مناطق شاسعة وعديدة تكون مدعمة بصخور ذوات أصول متشابهات . . وخذ مثلاً الصحراء الغربية المصرية وشمال سيناء حيث تشكل الصخور الرسوبية صخور الأسس أو الأديم فيها ، بينما تشكل الصخور النارية والمتحولة بشتيها للتنوع صخور الأديم والأساس في الصحراء الشرقية وجنوب سيناء . .

ففي شمال الصحراء الغربية وشمال الصحراء الشرقية تسود الصخور الجيرية بأنواعها المختلفة ، التي قد تصل إلى الدولوية إذا ما احتوت على نسبة من عنصر الماغنسيوم ، أو الحديدية إذا ما تركز فيها عنصر الحديد - بالإحلال أو بالتربيب كما في الواحات البحرية . . بجانب صخور جيرية رملية هنا وهناك تؤثر عليها التجوية فتعطى أشكالاً سيرالية غريبة ، وكهوفاً متصلة تؤدي في النهاية إلى تقطيع في أوصال تلك الهضاب التي كانت مستمرة يوماً ، أو عند ترسيبها (Karstification) حيث تظهر تلك الأشكال جلياً ما بين الواحات البحرية وحولها وحتى مدخل الواحات الداخلة والحارجة . . ثم تسود صخور رسوبية أخرى إلى الجنوب تتميز بكهوفها وتطبيقاتها الكاذبة ، وتلك هي الأحجار الرملية التوية . . وأما في الصحراء الشرقية وجنوب سيناء ، فالصخور النارية هي صخور الأساس السائلة ، حيث تكون أعلا المرتفعات ، وأقصى التضرسات في مصر ، فيما يسمى بسلسلة جبال البحر الأحمر وجنوب سيناء . . وفي تلك المناطق نوعيات من الصخور النارية شق . . فالجرانيت الأحمر والبني والرمادي والأبيض يشكل غالبية في الصخور فاتحة الألوان . . ثم الديوريت والجابرو والبازلت وهي صخور داكنة اللون تقارب أن تكون سوداء . . ثم الصخور البركانية وأشهرها ،

بركانيات الدخان . وخير تمثيل لها في جبل الدخان في شمال غرب الفردقة حيث توجد فيه النوصيات المتميزة والقرمزية اللون في روعة وجمال ، والمسماة بالحجر الساقى الامبراطورى (Imperial Porphyry) . ثم نوعيات الصخور المتحولة من شيبست ونائيس وغيرها في مناطق مثل معيتق وحفافيت وغيرها . . وقد تكون تنابعات صخرية من فوق القاعدة (البيريدوتايت والجايرو) إلى القاعدة البركانية كالبازلت الوسائدى (Pillow lavas) وهو ما يسمى بصخور الأوفيولايت (Ophiolites) كما في وادى غددير وجبل الحديد . الخلاصة أنه في تلك المناطق العديد من نوعيات وعينات الصخور التى لا تحصى . . قررة لاهين الباحثين . . ولكل صخر موقع أو مكان يكون فيه ممثلا خير تمثيل ويسمى عندئذ بموقع النوع (Type Locality) .

العلاقات التبادلية فيما بين الصخور :

أو هى دورة الصخور في قشرة الأرض (Crustal Rock-Cycle) :

انظر الشكل . .

وصف وتعريف الصخور في العينات اليدوية (Handspecimens) .

الصخور النارية :

بمجرد التعرف على الصخر النارى ، فإن اسمه جنبا إلى جنب مع بعض الصفات الوصفية تؤدى إلى التعريف بالصخر لدرجة تجعل شخصا ما على دراية بمسميات الصخور النارية ، يتعرف بدرجة لا بأس بها على الكيفية التى تكون بها ذاك الصخر . ويكون ذلك كذلك ، لأن أسماء الصخور النارية توضع على أساس التركيب المعدنى وحجم حبيباته . فمثلا عندما يوصف صخر جرانيتى باسم صخر جرانيتى فاتح اللون متوسط الحبيبات به معدن بايوتايت (Light grey medium grained biotite granite) فذلك يعنى أن الصخر فى مجمله رمادى فاتح اللون ، وأن معادنه الأساسية تتراوح على مدى واسع ما بين ٢ - ٥ مم ، وأنه يحتوى على كمية من معدن بايوتايت (المايكا السوداء)

بجانب النسب المثوية من المرو والفلسبارات القليلة والبلاجيوكلاز ، وهي جميعاً مما حدا بنا أن نصف ذلك الحجر ، كصخر جرانيت .

إن هناك مجاميع ثلاثة للأسماء التي تطلق على النوعيات الثلاثة المختلفة للشائع من الصخور النارية . فالمجموعة من الصخور النارية التي يمكن تعريف المعادن الأساسية فيها بالعين المجردة تسمى ظاهرة التبلور (Phanerites) وتكون غالبية - إن لم يكن جل بلوراتها - من نوع البلورات البارزة (Phenocrysts) وهي البلورات كبيرة الحجم تامة الشكل وتوجد عادة في الصخور النارية الجوفية . ولما المجموعة الثانية فهي الصخور خفية التبلور (Aphanites) وهي الصخور النارية التي تكون المعادن أو البلورات فيها دقيقة جداً للدرجة التي تجعل التعرف عليها يحتاج مهارة كبيرة ، وهي - الصخور - تتميز بنسيج دقيق (Aphanitic) وهو نسيج دقت بلوراته التي يتكون منها بحيث لا تراها العين المجردة . . وقد تكون دقيقة ، وقد تكون خفية (Micro and Cryptocrystalline) . هذا . . . بينما المجموعة الثالثة ، هي المواد الزجاجية الطبيعية . وجدير بالذكر ، أن مسميات المجاميع الثلاثة تتطابق تبعاً للتركيب . وفي الجداول التالية نلاحظ أن التركيب الكيميائية للصخور في صفوفها الأفقية هي ذات التركيب . فمثلاً صخر رايولايت هو المكافئ للصخر الجوفى الظاهر البلورات (جرانيت) .

الصخور ظاهرات التبلور (جوفية) (Phanerites)	الصخور دقيقات أو خفيات التبلور (سطحية) (Aphanites)	الزجاج العتيق
سيفانيت syenite سيفانيت نيفيلي (Nepheline) جرانيت (Syenite) جرانيت (granite) فسليت *Felsite جرانوديورايت (Granodiorite) ديورايت (Diorite) جابرو (Gabbro) بيريدوتايت (Peridotite)	تراكايت (Trachyte) فونولايت (phonolite) رايولايت (Rhyolite) داسايت (Dacite) أنديزايت (Andesite) بازلت (Basalt) لا يوجد مكافئ سطحي له . .	أبسيدان (Obsidian) تراكيلايت Terchylite

* إذا كان هناك صخوراً دقيق أو خفى التبلور تماماً بمعنى أنه بدون بلورات بارزة (Phenocrysts) فمن الأفضل أن نسميه فسليت إذا كان لائح اللون ، وأن نسميه بازلت إذا كان داكن اللون . ودكاته اللون هنا تعني سواده أو رماديته الغامقة أو أن يكون بنيّاً أو أحمرّاً أو أخضرّاً أو فيه من الظلال بين هذا وذلك .

إن كثرة من الصخور دقيقة التبلور يمكن أن تسمى بمجرد النظر ، ذلك لأنها تكون بورفيرية (Porphyritic) بمعنى احتوائها على بلورات كبيرة في نسيج بورفيرى (وهو النسيج في الصخور النارية التي تتكون من بلورات واضحة منتشرة في وسط مكون من معادن حبيباتها دقيقة) . تلك الحبيبات الواضحة تسمى (Phenocrysts) وهى التى يسهل تمييزها بعدسات، يدوية أو مجهرية ذوات تكبير صغير . وعادة تكون تلك الحبيبات الكبيرة من نفس النوع ، وتكون كذلك متواجدة بنفس النسب كما فى الأرضية دقيقة أو خفية الحبيبات ، والتى تحيط بها ، والتى يلزم لدراستها قوة تكبير مجهرية عظيمة . وبناء على ذلك فالحبيبات الكبيرة الواضحة تدل على التركيب الشامل للصخر ، ومن ثم يمكن أن تأتى التسمية الدقيقة . فمثلاً عندما يحتوى الصخر على المرو والفلسبار القل وبلورات كبيرة من البلاجيوكلاز بذات النسب كالمحتوى المعدنى لصخر الجرانيت فإنه عندئذ يدعى رايولايت أو إن شئت الدقة رايولايت بورفيرى (Rhyolite porphyry) . ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار هنا أن تعبير « بورفيرى » ليس خاصاً فى استخدامه بالصخور النارية ذوات الأرضية الدقيقة أو الخفية ، فقط ، ذلك لأن كل الصخور على اختلاف أنواعها ، والتى تتكون من حبيبات كبيرة محاطة بأرضية دقيقة أو خفية التبلور تسمى كذلك بورفيرات .

وعلى أى الأحوال . . فإن القاعدة العريضة والمقبولة لتسمية صخر بورفيرى ، هى أن نستخدم اسم الصخر المنطبق على المكونات المعدنية لأرضيته ، مضافاً إليه لفظة بورفيرى . وعلى ذلك وعلى سبيل المثال ، فإن صخرى رايولايت بورفيرى وجرانيت بورفيرى ذات التركيب المعدنى الواحد ، ولكن يأتى الاختلاف بينهما باختلاف نسيج الأرضيات . فالريولايت البورفيرى له أرضية دقيقة أو خفية التبلور ، بينما تكون الأرضية فى الجرانيت البورفيرى ظاهرة التبلور . وأما غالبية المادة الزجاجية النارية ، التى قد يقابلها الدارس فى الحقل ، فتسمى أوبسديان . . وتلقى التحاليل الكيميائية مزيداً من الضوء الذى يؤدى إلى مزيد من التحديد فى المسميات ، كأن نقول أوبسديان تراكيتى مثلاً . . وما سواه فى كل الصخور للنارية الشائعة فهو تراكايت . وهناك اختصاران بسيطان للفرقة بين ما هو أوبسديان ، وما هو تراكايت ، ذلكهما هما :

١ - الأوبسديان يسمح بمرور الضوء (Translucent) عندما يقطع إلى رقائق ، بينما التراكايت يكون معتماً .

٢ - التراكيلات يلذوب في يسر في حامض الايدروكلوريك ، بينما الأوسيديان لا يلذوب .

وكما يظهر من ذاك الاستعراض والمناقشة ، فالأمر في تعريف وتسمية صخر ناري ، لا يستلزم إلا تحديد حجم البلورات أو الحبيبات فيه ، ثم تعرّف المكونات المعدنية الأساسية له ، بالإضافة إلى تقدير النسب المئوية لتلك المكونات . وتحتوى الكتب المتخصصة طبعا على أنواع عديدة - إضافة إلى ما سيرد في آخر هذا الكتاب - من أنواع المعادن والصخور .

ولقد سبقت الإشارة إلى صخور البجياتايت (Pegmatites) . كما نلقت النظر هنا إلى كلمة فقاى (Vesicular) التى تشير إلى الصخور النارية - وغالباً البازلتية - التى تحتوى على ثقبو دائرية كروية (Vesicles) تنشأ عند تمدد الفقاعات الغازية المتواجدة أصلاً فى الصُّهارة الأم (Parent Magma) إبان تصلدها . أما كلمة لوزانى (Amygdaloidal) فتشير إلى الصخور الفقاعية التى امتلأت فقاعاتها وتسمى الفقاعات الممتلئة عندئذ باللوزات (Amygdules) .



ونال بعد ذلك للصخور الرسوية ..

وهى تسمى بالصخور الثانوية . وكما فى الصخور النارية - الأولية - يستخلم اسم الصخر مضافاً إليه - أو غير مضاف - صفة مناسبة . ولكن لا شك ، لابد أن تختلف أسس وقواعد تسميات الصخور الرسوية عن غيرها . فبالنسبة للصخور الرسوية التى تتكون بتوضع أو بتحجر (Lithification) المقتات السائبة ، يقوم تصنيفها على أساس من حجم الحبيبات . وكما سيظهر من الملاحظات اللاحقة للجدول التالى ، فإن قلة من التسميات يلزمها بعض الضوابط .

جدول بين الرواسب المتفولة والصخور الرسوبية
(Detrital Sediments and Sedimentary Rocks)

ملاحظات	تجمعات متراكبة متصلة (صخور)	تجمعات مفككة أو سائبة	أقطار الحبيبات
حبيبات مستديرة حبيبات زاوية	رواهص [Conglomerate Breccia] بركشة حجر رمل Sandstone غرو	Gravel حصى Rubble وكسرة Sand رمال	أكبر من ٢ مم $\frac{1}{16} - 2$ مم $\frac{1}{64} - \frac{1}{16}$ مم
يتضمن الطفل***	حجر غريني ، رسوبي حشائ دقيق الحبيبات تتكون من جسيمات غرينية (Siltstone)	راسب طيني (Silt) دقيق الحبيبات نوحا تلتصق ببعضها إذا لبثت حل خلال الرمال	أقل من $\frac{1}{64}$ مم
الطين واحجار الطين (Mudstone)	حجر الطين (claystone)	طين clay صلصال غصاية اللينة	

الملاحظات :

• الكثير من الرواهص والبركشة قد لا تكون من أصل رسوبي .

• • الصخور الرسوبية التي تتكون من حبيبات في حجم الرمال وتكون عادة مشتملة حل ٢٥ ٪ أو أكثر من الفلسبارات تسمى ، أركوز (Arkose) وهو حجر رمل متوسط الفرز ، ينشأ من تعرية الصخور النارية الحمضية كالجرانيت ، ويتكون غالباً من فئات المرو والفلسبار في وسط كاوليني ، وتزيد نسبة الفلسبار فيه حل ٢٥ ٪ وتقل نسبة الوسط الكاوليني عن ٢٠ ٪ . وأما الصخور الرسوبية التي تتكون من ٢٥ ٪ أو أكثر من المعادن المعتمة أو الشظايا الصخرية تسمى واكي (greywacke) وترجم إلى جروق ، وهو الصخر الرسوبي حشائ رمل رديء الفرز ينشأ من تعرية الصخور النارية القاعدية

والصخور المتحولة ، وتنتشر فيه نسبة الجبس بين ١٠ ٪ و ٥٠ ٪ وتوجد في وسط من مادة كلورائيتية تكون غالباً أكثر من ٢٠ ٪ من كل الصخر .

*** الطفل (Shale) ويسمى أيضاً بالطفال وهو الطين والصلصال بتصلباته على هيئة رقائق بتأثير ضغط ما فوقها من صخور ، ويكون قابلاً للتشقق (Fessile) بسهولة على طول مستويات التطيق (Bedding Planes) .

وأما الصخور الرسوبية التي تتكون بالترسيب (Precipitation) سواء كان كيميائياً أو كيميائياً حيوياً ، فأسس تسميتها تكمن في تركيبها المذئى ، كما في الجدول التالى ، ومع ذلك فقلة من تلك الصخور قد شذت عن القاعدة ، فمثلا :

صخر الجبس gypsum قد يسمى أحياناً جيبروك Gyprock .

صخر انهدرايت Anhydrite قد يسمى أحياناً انهدروك Anhydrock .

الصخور الرسوبية الشائعة من ذوات الأصل الترسيبى والى يندل سهاها على تركيبها
(Common Nondetrital sedimentary Rocks)

الاسم	المكون المعدن
الحجر الجيري * Limestone	الكالسيت Calcite
الحجر الدولومى ** Dolomite	الدولوميت Dolomite
القران * Chert	الزرق النقيى Crypcrystollin Quartz
الطباشير Chalk	الكالسيت والأراجونيت *** Calcite and or Argonite
الترافرتين Travertine	الكالسيت والأراجونيت **** Calcite and or Argonite
الجيبروك Gyprock	الجبس Gypsum
الأنهدروك Anhydrock	الأنهدريت Anhydrite
ملح الصخر Rock Salt	الهالايت Halite

الملاحظات :

* بعض الأحجار الجيرية تتكون من مفتتات حصوية ، ويحتل من الأفضل تسميتها (Calcirudite) أما إذا كانت أحجام تلك الكسرات فى حجم الرمال فتسمى

(Calcarenite) ، وأما إذا كانت في حجم حبيبات الطين والغرين فتسمى (Calcinitite) .

*** غالبية الأحجار الدولوية والظران تتكون بالإحلال المابعدى (Diagenetic Replacement) للطين الكربوناتي (Calcium-carbonate mud) . والظران أو الصوان هو حجر صلد من المرو مكسره غسر مستو ، استعمله الانسان الأول في صنع أدواته .
*** في الغالب يكون في حالة مسحق ويتكون من غاليط متنوعة من الكائنات الدقيقة جداً .

**** بالترسيب من المحاليل في الكهوف وحول الينابيع والترزات (Springs and Seeps) .

ومع أن جمهرة الجيولوجيين يعتبرون بأن الأحجار الجيرية تنتمي إلى المجموعة الترسيبية في الصخور الرسوبية ، إلا أن آخرين يعتقدون أن الكثير الكثير من الأحجار الجيرية ، تستحق أن تكون قسماً قائماً بذاته بين أقسام الصخور الرسوبية بعامة ، وأن القسم والاسم المقترح له هو (Intrabasinal Clastics) أو الطبقات الفتاتية ما بين الأحواض . وتتكون تلك الصخور من شظايا كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$ Fragments) التي نشأت عن الترسيب الكيميائي أو الكيميائي الحيوي ، والتي تحركت داخل حوض الترسيب الذي فيه ترسبت ، ثم هي بالتتابع توضع (Lithified) أو تصلدت صخوراً بصلطتها . ولذلك فيجب أن تسمى تلك الصخور تبعاً لما يتعرف عليه من الشظايا المكونة لها . فنجد : شظوية صدفية (Intraclastics) وهي بقايا أحياء مثل شظايا الأصداف ، بطروخية (Oolites) . الخ . وكذلك تبعاً لحجوم حبيبات المادة اللاصقة أو الملاط ذاته (Cement) فنجد مثلاً الصخور ذوات المظهر الشعاعي (Spary) ، ثم أخيراً تبعاً لحجم الحبيبات الكلى للشظايا بعامة ...

وأخيراً .. الصخور المتحولة .. وهي ما تدرس بعلم الصخور المتحولة (Metamorphic Petrology) الذي يدرس كلا من الصخور الرسوبية والنارية وحتى التحولة إذا تأثرت بارتفاع كبير في الحرارة و/أو الضغط وتغيرت أصولها واستحالحت إلى صخور أخرى مختلفة تماماً . وهي تصنف بشكل عام إلى صخور متورقة (Foliated) وهو

مصطلح عام يطلق على الصخور الصفاحية مثل الشيست والنائيس اللذين توجد فيهما البلوات في هيئة ورقية (Foliated crystal habit) ، أو فلنقل تتورق فيها المعادن بمعنى تنشقق في هيئة صفائح رقيقة . وعلى ذكر التورق ، فهو نوهان : تورق أولى (Primary foliation) وهو صورة أولية في الصخور النارية يكتسبها الصخر ، إذ تنظم فيه المعادن متوازية بأطوال محاورها في اتجاه انسياب الصخر في أثناء تبرده ، وقد يسمى النسيج هنا بالنسيج الانسيابي (Flow texture) ، وأما التورق الثانوي (Secondary foliation) فهو بنية ثانوية تشبه التصفح ، ولكنها أقل منه درجة ، لأن التكسر غير تام وانتظام المعادن غير تام ، وهو يتأب الصخور ذات الحبيبات الغليظة والصخور ذات الحبيبات الدقيقة ، ويلاحظ بوضوح في صخور النائيس (Gneiss) غليظة النسيج وكذلك في صخور الشيست (Schist) دقيقة النسيج والحبيبات وقد قاربت في شكلها الأردواز . . ونعود فنقول أن الصخور المتحولة تصنف إلى صخور ورقية متشققة وأخرى غير متشققة (Nonfoliated) . بحبيبات معدنية تصلية أو صفاحية (Platy or tabular) ، وهى الصخور التى تظهر حبيباتها اتجاهات سائلة بشكل عام . وفي الجدول التالى نماذج منها .

الصخور المتحولة الشائعة (Common Metamorphic Rocks)

الاسم	الخواص
نائيس متورق (Foliated gneiss)	له تورق جيد أو غير جيد مع سيادة معادن حبيبية من اللزو والفلسبارات .
أمفيبوليت (Amphibolite)	من تورق جيد إلى ضعيف ، تسود فيه الأمفيبولات (مجموعة من المعادن السليكاتية تركيبها العام سيليكات صوديوم وكالسيوم وماغنسيوم وحديد والمنيزيم متراكبة . وتتراوح ألوانها بين الأخضر والأخضر السود) مع بلاجيوكلاز .
شيست (Schist)	تورق جيد على مسافات صغيرة ، تسود فيه المعادن النصالية الهيمية (Haty) كالمايكا بشقيها (موسكوفيت وبايوتيت) والكلوريت .

الاسم	الخواص
فيللايت (Phyllite)	متوسط ما بين الشيست والاردوز ، متفصن وله لمعان زجاجي .
اردواز (Slate)	له مظهر متجانس ، دقيق الحبيبات للدرجة يصعب معها التعرف على معادنه بمساعدة عدسة يدوية ، ويتشقق بسهولة إلى شرائح (Slabs) رقيقة وليس ضرورياً أن تتوازي مستوياتها مع مستويات التطبيق الأصلية .
صخور غير متشقة أو غير متورقة : (Nonfoliated) : رخام (Marble)	متشعب تماماً (Sperry) بمعنى أنه يحتوي على بلورات تتراوح بين الدقة والحشونة وقد تسود فيها معادن الكالسيت و/ أو الدولوميت .
الكوارتزيت (Quartzite)	ينكسر هذا الصخر بكنسر محاري أو صلبني (Conchoidal) كما ينكسر الزجاج العادي بخطوط منحنية ناعمة ، ويتكون من المرو النقي .
ميتا (Meta-)	وهي لازمة متقدمة تستخدم في مسميات العديد من الصخور المتحولة التي يعرف دليلها . مثال على ذلك نقول (Metaconglomerates, Metagabbro) .

عرفنا إذن أن التحول أنواع : منها تحول حراري (بالتلصق) ومنها تحول اقليمي (بالحرارة والضغط على نطاق واسع) وفي الحالين تلعب المحاليل الكيميائية والغازات المتطايرة الساخنة والنشطة ، دوراً هاماً في تمام التحول في الحالة الصلبة التي لا تصل فيها الصخور إلى الانصهار الكامل أبداً .. هناك نوع من أنواع التحول غير هام وغير شائع وهو التحول بالتحطم أو بالتشيم ، وهو ما يعني بعالي الضغط فقط .. ويتميز

الصخور المختلفة عن بعضها - كما بينا سابقاً - بالنسيج . وفيما يلي إعادة تصور مبسط لما قلناه من قبل ، ولكن نوره في صورة أخرى بالعين الحذرة وهو لهم وإدراك ذلك التحول وصخوره . .

تصنيف مبسط للصخور المتحولة

عوامل التحول	النسيج الناتج	الصخر الأصل	الصخر الناتج
حرارة + محاليل	نسيج حبيبي (Mosaic)	- حجر طين - حجر جيري	هورنبلند رشم
حرارة + ضغط + محاليل	نسيج صفائحي متورق (Foliated)	حجر رملي مقل - صخور رسوبية نارية - رسوبية أو نارية	كوارتزيت أردواز أوربنت نايس

دقيق الحبيبات ينشلق بسهولة .
متوسط الحبيبات متصل الصفائح .
عشن الحبيبات غير متصل الصفائح .

كذلك ستقابل في تعرفنا على الصخور المتحولة ، ذكر درجات التحول ما بين منخفضة أو متوسطة أو عالية الدرجة : وهي أمور على كل حال ، تسمى بنطاقات التحول المختلفة . ولكل نطاق معادنة الدالة عليه ، فنجد مثلاً . .

١ - نطاق التحول منخفض الحرارة ، أو نطاق الكلوريت : من معادنه المוסكوفيت والكلوريت . .

٢ - نطاق التحول متوسط الدرجة ، أو نطاق بيوتايت ، جازنت ، شتورولايت وكيانايت ، وهو أقرب لسطح الأرض ، وله معادنه المختلفة ، والدالة عليه ، ومنها المعادن المذكورة .

٣ - نطاق التحول عالي الدرجة ، أو نطاق سيلليانايت وله معادن الدالة عليه كذلك . .

ونعود ، فنورد هنا صورة أخرى من تصنيف الصخور المتحولة ، لعلنا بالعين بذلك حد الفهم ، وفي الإعادة ، إفادة . .

الوصف العام	مسميات الصخور المتحولة	الصخور الأصلية
صخر متحول نتج من تأثير الضغط الشديد على الرواسب الطينية فأصبح كالصفيحة التي يحسب فصلها عن بعضها . يكون أسود اللون غالباً . ناتج من تحول منخفض الدرجة . صخر دقيق الحبيبات ، له مستويات تشقق لائمية ومتعقبة . يكون عادة على شكل . ناتج تحول درجة أقل من الأردواز .	أردواز (Slate)	رواسب طينية (Argillaceous sediments)
حبيبات ما بين الحفنة والمتوسطة ، له تشقق عشوائي غالباً ما يكون متعقبة أو متتياً ووازيّاً لتروق المايكا . ناتج تحول ذي درجة متوسطة إلى عالية .	شيت مايكالي (Mica schist)	
حبيبات من متوسطة إلى خشنة ، متورق إلى طبقات خططة من المرو وأشياء الفلسبارات والمايكا . ناتج تحول درجة عالية .	نايس (gneiss)	تخليط من رواسب أو صخور نارية حامضية
حبيبات متساوية من دقيقة إلى خشنة . غير متورقة ، غالباً من المرو وأشياء الفلسبارات (Quartzofeldspathic) . ناتج تحول من الدرجة المتوسطة إلى العالية .	جرانوفيلس (granofels)	
حبيبات متغايرة من المرو ، ولا يوجد تورق غالباً . يكون أحياناً مايكالي . لونه أبيض .	كوارتزلايت	رواسب رمالية (Arrenaceous)
حبيبات متغايرة من الكالسيت أو الدولوميت ، وقد يمتزج أحياناً على معادن جبيرة سيليك (Calcsilicates) . لونه قد يكون أبيض أو رمادي ... الخ .	رخام	رواسب جبيرة (Calcareous)
متورق بشدة ، صخور خضراء مع تفتحات في تشققاتها . درجة تحول منخفضة إلى متوسطة .	شيت أكتينولايت وكلورنايت ليفيولايت	صخور قاعدية نارية
حبيبات متوسطة إلى خشنة ، اللون يسود غالباً ، قد يكون متورقاً وتظهر فيه خاصية التطبق . يتكون من معدن المورنيلاند والبلانجوكلاز .		
حبيبات متوسطة إلى خشنة ، وتوجد به حبيبات من الجوارنت الأحمر في أرضية من البيروكسينات الخضراء . ناتج تحول درجة عالية . هذا اسم عام للصخور المتكونة بالتحول الحراري أو التلاصقي .	إكلوجيت (Eclogite)	متنوعات
غالبية ذوات حبيبات دقيقة ، سوداء ، ويتقنها التورق و دقيقة الحبيبات جداً ، تورقات رفيعة ، له مظهر الزلزل أو الظران غالباً داكن اللون . ناتج الطحن والجروسة الميكانيكية .	هورنفلس (Hornfels)	
	مايلوننايت (Mylonite)	

وأخيراً ...

فإنه كثيراً ما تتعرض مسميات الصخور المتحولة لسوء استخدام متكرر . وأول ما يكون في ذلك الأمر ، هو مسمى الرخام . فالجيولوجيون يستخدمون هذه التسمية

للصخور المتحولة التي تتكون دائماً من معدن الكالسيت أو الدولوميت أو كليهما معاً .
بينما غير المتخصصين كالإنشائيين مثلاً يستخدمون هذا المسمى - رخام - للتعريف بأى
صخر غنى بالكالسيت والدولوميت ويمكن صقله جيداً . معنى ذلك ، أن العديد من
الأحجار الجيرية والدولوية وكذلك صخور الرخام الحقيقية ، سوف تدخل جميعاً فيها
يطلق عليه تسويقياً اسم الرخام . أما ثانياً الأمور في سوء الاستخدام لمسميات الصخور
المتحولة ، فيمكن في مسمى الكوارتزيت . فهذا المصطلح يستخدم عادة في وصف
صخور الطرق التي تتكون من كسر حبيبات الرمال . وطبقاً لهذا الاستخدام فإن الكثرة
من الأحجار الرملية المتحلطة بمادة السيليكا ، والتي هي صخور رسوبية أساساً ، وكذلك
الصخور الرملية المتحولة ، سوف تخضع تسويقياً لهذا المسمى - كوارتزيت .

وهكذا ننتهي من التقسيم الثلاثي العام للصخور إلى نارية ورسوبية ومتحولة . .
وقبل أن نتعد كثيراً ، نذكر أن هناك تصنيفاً أكثر شمولاً وعمومية للصخور ، ولا بأس
من إيرادها هنا ، وهو تصنيف كروك (١٩١٤) للصخور تكوينياً ، رتب في الصخور
بحسب العمليات الجيولوجية التي أدت إليها ، في رتبتين كبيرتين هما :

رتبة الصخور داخلية المنشأ : وهي التي تكونت بعمليات منشؤها داخل في أعماق
الأرض وطاقتها مستمدة من الباطن ، أى من الداخل إلى الخارج بالنسبة لقشرة
الأرض ، معطية الصخور النارية والمتحولة .

رتبة الصخور خارجية المنشأ : وهي التي تكونت بعمليات خارجية تعمل على
سطح الأرض أو قريباً منه أو هي من الخارج إلى الداخل ، تحت درجات حرارة
عادية ، وما يصاحبها من ماء مصدره الغلاف الجوى ، معطية الصخور الرسوبية
ومخلفات عمليات التجوية .

ويمكننا في إجمال ، أن نميز بين الأنواع الصخرية الرئيسية الثلاثة - النارية والرسوبية
والمتحولة بمقارنة خواص معينة ، هي :

١ - الطباقية : الرسوبية توجد على شكل طبقات غالباً ، والنارية على هيئة كتل
غالباً ، أما المتحولة فمتورقة إذا كانت متحولة عن صخور رسوبية أو نارية .

- ٢ - احتواء الحفريات : الرسوبية تحتوى حفريات ، بينما النارية لا أثر فيها للحفريات ، وأما المتحولة فعادة لا تحتوى ، وإن احتوت ، فعفريات مهشمة .
- ٣ - بلورية المعادن : النارية غالباً متبلورة ، وكذا المتحولة ، أما الرسوبية فقد تكون وقد لا تكون .
- ٤ - المسامية : متوفرة في الصخور الرسوبية ، وغالباً معدومة في النارية والمتحولة وإن تكن في بعض الصخور النارية توجد فجوات وليست مسام .
- صخور أخر غير ما ذكر :

المكسرات (Pyroclastica) وهى ما قد تنتمى إلى كل من النارية والرسوبية الفتاتية (Detrital) . وهى جيمعاً قد تسمى طف (Tuff) . وقد أعطيت مسميات تعكس في منطوقها تلك العلاقة وتحتوى للمسميات عادة على أربعة مناح هى :

- ١ - نوع الشظايا (Fragment) .
- ٢ - التركيب معبراً عنه يسمى الصخر الدقيق المكافئ له (Equivalent Aphanetic) .
- ٣ - حجم غالبية الشظايا .

٤ - ثم غالباً كلمة طف (Tuff) التى تظهر أن الصخر من المكسرات .

والنموذج على ذلك مكسرات الأنديزايت المتشظى فى حجم لويات (مفردها لوية وهى الحصى البركاني ، فى حجم الحمصة أو الجوزة (Lithic Andesite Lapilli Tuff) .

جدول يبين المكسرات وصخورها

الحجم الملبتر للشظايا	الكرة أو الشظية	فى حالة غير متساكة (Tephra)	فى حالة متساكة
أكبر من ٦٤ سم	قنبلة * (Bomb)	قنابل (Bombs)	طفى أو متكسرات ثارية Bomb tuff or Agglomerates
من ٢ سم - ٦٤ سم	كتلة ** (Blok)	كتل (Block)	Bomsp tuff or pyroclastic breccia
أقل من ٢ سم ***	لوية (Lampillus) فزة غير Ashgrain	لويات (Lampillis) غير Ashgrain	طف لويى Lapelli tuff طف غبارى Ash tuff

ملاحظات :

- * كسرة تتكون من مادة كانت على الأقل سائلة جزئياً عندما قُذفت .
 - ** كسرة كانت قطعياً صلبة عند القذف .
 - *** يستخلم بعض الجيولوجيين أربعة مم كحد قطعى .
- ويمكن وصف مفردات تلك المتكسرات على النحو التالى :

القنابل (Bomba) : تكون لها عادة أشكال ملوية ، تشير إلى أنها تصلدت إبان تطايرها فى الهواء عن مادة منصهرة أو شبه منصهرة .

الكتل (Blocks) : وهى شظايا صخرية كبيرة ، تكسرت من جوانب حتى البركان أو قشرة تغطى ماتحتها من مصهور أو صُهارة .

اللويبات (Lapilli) مفرداً « لوية » وهو الاسم الذى يطلق على كسرة مفردة من مواد معدنية و/أو صخرية (بما فيها الزجاج الطبيعى) ، وكذلك تسمى به القنابل و/أو المتكسرات كتلية الشكل (Blocklike) التى لها أقطار تتراوح فى المتوسط ما بين ٢ إلى ٦٤ مم .

غبار (Ash) ومفرده ذرة (Ashgrain) وهى شظية معدنية أو من زجاج طبيعى أو من صخر يقل قطرها عن ٢ مم .

الصخور التى تتكون بالعمليات المابعدية (Diagenetic Rocks) :

فى غالب من الأحيان تعامل الصخور المابعدية كصخور رسوبية ، ومن ثم ، فمسمياتها تستخدم أساساً بنفس الطريقة كما هو الحال فى الصخور الرسوبية الترسبية . فى قول آخر ، إن مسمياتها تعكس تركيبها المعلن بشكل عام . وخير مثال على ذلك ، هو أحجار جيرية بذاتها (تتكون كلسية - أو فى الغالب - من الكالسيت) ، أو أحجار دولوية (Dolostones) أو قد تسمى دولومايتية (وتتكون من معدن الدولومايت غالباً) ، ثم الطران (Chert) ويسمى البعض منه بالزلط (Flint) (وهو ما يتكون غالباً من المرو

المجهرى أو القريب من ذلك) . . ثم الفحمات (Coals) . . . وفي مثل تلك الأحوال قد تفضل مسميات مثل حجر جيرى دولوى معاد تبلوره (Dolomitized Biomicrudite) وهكذا . . وتنتمى إلى هذه الفصيلة الصخرية ، نوعيات عديدة أخرى أقل انتشارا مما ذكر . ومنها :

صخور المجاثبات Migmatites : إن هناك خلطاً فى مسميات تلك الصخور أكثر مما فى تلك النوعيات ذاتها . وحقيقة فقد يكرن من الأفضل أن نصف تلك الصخور بالرسوم والأشكال التوضيحية بأكثر مما يمكن بالكلمات وحدها . ولكن قد يكون من الأفضل أن نجمع كل الأنواع المجاثبية تحت مسمى مجاثبات فقط ، مع ملاحظة المكونات الصخرية الأساسية فيها . فمثلاً نوعيات تتكون من امفيوليت وجرانوديورايت ومن ثم تُكنى بها .

العروق Veins تسمى الكتل العرقية الصخرية بشكل عام على أساس مكوناتها المعدنية ، فهناك مثلاً الصخور العرقية الكلسية الحاملة لمعادن الجالينا وسفاليرايت (Galena and Sphalerite-bearing calcite Veins) . وبسبب أن مسمى جالينا يستخدم كثيراً لحام الرصاص وأن سفاليرايت يستخدم لحام الزنك ، فتكون التسمية عندئذ عروق رصاص - زنك (Lead Zinc Veins) . وفيما مسمى كان البعض من الجيولوجيين يستخدم تسميات بديلة تشير إلى الظروف التى تكون قد ساعدت على تكوين مثل تلك العروق ، فتجد مثلاً عروق حرارة متوسطة (Mesothermal Veins) ولكن من وجهة النظر العملية ، فإن التسمية بالمكونات المعدنية تكون أعم وأكثر فائدة .

صخور نواتج التجوية (Weathering Products) توضع تلك المواد عادة تحت بند (صخور أخرى) وهى تختلف عادة عن سواها فى الطريقة العامة للتكوين . ويعتبر تصنيفها والتعريف بها خارج نطاق هذا الكتاب .

الصخور الكاذبة (Pseudorocks) وهى العديد مما يصنع الإنسان من مواد شبيهة بالصخور ومنها الطوب (Brick) والبلاط (Tile) والفخار (Pottery) وقصم الكوك (Coke) والحرسانة (Concrete) والزجاج (Glass) والفلخ (Slag) . الخ . ولا نعتقد أن أى منها يحتلظ أمره على دارس أو هاوٍ واع .

الباب الرابع

Fossils

الحفريات

- ان دراسة الحفريات (ويسمىها البعض الأحافير) مفيدة لامراء ..
- وهى دراسة تلتزم الجمع - كما هو الحال فى كل العلوم المصرية - بن العلوم البيولوجية (حيوان ونبات) وبين العلوم الجيولوجية .
- وهى المعين للعلماء ، بما تقدمهم من وسائل لتقصى تاريخ الحياة منذ بداياتها الأولى لأكثر من ثلاثة بلايين ونصف البليون من السنوات الماضية وحتى يوم نعيشه ...
- وهى مفيدة للجيولوجيين بشكل خاص فى كونها مؤشرات لمعرفة : منذ متى ترسبت أو تكونت الصخور وفى أى البيئات كان ذلك ؟
- وللحفريات كذلك قيمة اقتصادية غير منكورة . فالفحم تكون من تجمع النباتات التى كانت تعيش فى المستنقعات منذ ملايين السنين ، كما أن الزيت الخام والغاز

هما معاً من نواتج التغيرات الكيميائية ، التي حدثت عندما تعرضت الكائنات التي كانت حية للحرارات والضغط . كذلك فإن الكثير من أحجار البناء ما هي إلا أحجار جيرية تكونت من أصداف حيوانات كانت تعيش في بحار الأملس البعيد . . ولعل أشهر بناتج تلك الأحجار هي أمهرامات الجيزة الشهيرة التي بنيت من أحجار جيرية ، قُدت من هضبة المقطم ، وسميت باسم ما تحتويه من أصداف (Nummulitic Limestones) وهي أحجار جيرية تحتوي حفريات النوميوليثات (Nummuli) التي كانت تعيش في مياه منذ قرابة الخمسين مليون سنة مضت . . ولعل ذلك أن يكون مؤشراً لما لنترك أن جبل للمقطم الشهير في شرق القاهرة كان في ذلك الزمان الغابر قاعاً لبحر عظيم . .

ويُعد البحث عن الحفريات والتقاطها وتصنيفها ، ثم تبويبها ، أمراً له متعته الخاصة عند الدارسين لذلك الفرع من أفرع علم الجيولوجيا . . ولما يلي ستتعرف على الحفريات ، وأين نبحث عنها ونجدها ؟ وكيف تكونت ؟ وما إلى ذلك . .

تعريف الحفرية :

الحفرية هي بقايا أو آثار أو شواهد لكائن حي قديم ، نباتاً كان أو حيواناً ، احتُفظ بها في الصخور مستحجراً في العادة . ويطلق اسم التجمع الحفرى (Fossil Assemblage) على مجموعة من الحفريات المتنوعة في طبقات معينة ، تشتمل على كميات مختلفة من « الفونة والفلورة » . ويعرف التجمع الحفرى عادة باسم الحفرية الغالبة فيه ، أو باسم حفرية خاصة تميزه . أما مصطلح موطن أحياى أو « بيوتوب حفرى » (Fossil Biotope) فهو يعبر عن مساحة من الصخر الراسب على مستوى التلطبّق ، يحتلها مجتمع وفات يمثّل العشرة الأحيائية التي كانت تحتل المساحة نفسها في أثناء الحياة تمثيلاً مقرباً . . وهذا يستدعى ما نسميه كثافة حفرية . بمعنى عدد الحفريات في وحدة المساحة . ولقد وردت توأ كلمة (فونة Fauna) وهي تعنى جماعة الحيوان في مكان ما ، وفي زمان ما . وتعتبر السيادة الفونية (Faunal Dominance) خاصية من خصائص الجماعات الحيوانية ، تعرف بأنها النسبة المثوية لوجود أكثر الأنواع شيوعاً . أما المنطقة الفونية أو الإقليم الفوني (Faunal Province) فهو قسم من الدولة الفونية يحجزه عن غيره فيها ، عائق جغرافى

يؤدى إلى تميز الحيوانات التي تقطن ذاك الإقليم عن غيره من أقاليم الدولة الفوقية ذاتها . أما إذا جئنا إلى ما يسمى المجال الفوقى أو الدولة الفوقية هذه (Faunal Realm) فنقول بأنها مساحات شاسعة من البر أو البحر ، تتميز بفوقية معينة لها خصائصها المميزة ، وتفصل هذه المساحات عن غيرها عوائق جغرافية . ومن أمثلة الدول الفوقية ، دولة أمريكا الجنوبية ودولة أستراليا . . ولا يجب أن يخلط بين المقصود بالدولة الفوقية والدولة السياسية الحالية . . وتبين الدول الفوقية طبعاً بالتباين الفوقى ذاته (Faunal Variability) والذى هو دالة بيئية تعتمد على عدد أنواع الأحياء في بيئة معينة ، وتعرف بأنها عدد الأنواع التى يكون حاصل جمع نسبها المئوية مساوياً ٩٠ ٪ من الجماعة كلها ، وتجرى عادة في حالة الحفريات إذ تتناسب أعداد الأنواع القابعة منها مع تغير البيئة تناسباً عكسياً والنطاق الفوقى (Faunal zone) هو نطاق صخري من العمود الجيولوجى له عمر محدد ، ويتميز بمجموعة معينة من الحفريات من بينها نوع لا يجاوز مداه الاستراتيجرافى حدود النطاق ، ويسمى النطاق الفوقى باسمه . .

.. وأما « الفلورة » (Flora) فهي جماعة النبات في مكان ما وفي زمن ما . . ونطاقها (Floral zone) هو طبقة أو مجموعة من الطبقات تتميز بتجمع خاص من النباتات الحفرية . . وينطبق على الفلورة ما انطبق على الفوقية من قبل . . . ونعود ثانية إلى الحفرية . . ولكي تكون حفرية يجب :

- ١ - أن تكون من بقايا حيوان أو نبات . أو أن تكون اثرأ أو شاهداً على تواجد حيوان أو نبات .
- ٢ - أن توجد في الصخور .

ولزيد من الإيضاح نقول ، إن تلك النباتات والحيوانات التي تتاح لها فرصة الحفظ كحفرية ، لابد أن تتميز بوجود أجزاء صلبة في بنيتها ، مثل الأصداف أو العظام أو الهياكل أو الأسنان . وعندما يموت الحيوان تتحلل لحومه فتبقى ، ولا يبقى إلا الأجزاء الصلبة منه . فإذا حفظت تلك الأجزاء في الصخور ، تغدو بقايا (Remains) لذلك الحيوان . وحتى مع وجود تلك الأجزاء الصلبة ، فإن مشابقتها بالحيوان أو النبات الذى كان ، يكون أمراً صعباً . ومع ذلك ، فكثير من الحيوانات وغالبية النباتات لا تتمتع بتواجد أجزاء صلبة . ولحسن الحظ ، فإن ذلك لا يعنى بالضرورة أنها لا تكون

حفريات . فكما يقرر تعريف الحفرية ، فإن الشواهد والأثار الدالة على الحيوان أو النبات ، تعتبر هى أيضاً حفرية من الحفريات . . ولا توجد إلا فى الصخور . . الكثرة الكثيرة من الحفريات ، توجد فى الصخور الرسوبية ، ولكن تحت ظروف معينة يمكن أن تحفظ حفريات فى صخور أخرى فمثلا الرماد المتساقط يمدنا بالعديد من النماذج جيدة الحفظ من الحفريات مثل طبقات أوراق الشجر وأجنحة الحشرات وبعض أنواع الأسماك . وقد تحتوى الصخور المتحولة ، التى لم تعان من عمليات تحول قاسية ، على حفريات كذلك ، مثلاً وجد من حفريات فى صخور الإردواز (Slates) والفيللايت (Phyllites) وحتى فى صخور الشيست والنايس .

تسمية وتصنيف الحيوانات والنباتات :

تتوزع الأحياء على الأرض ما بين البشريات والحيوانات والنباتات . وتتوزع النباتات والحيوانات تنوعاً كبيراً يستلزم بعض الوسائل لتصنيف كل منها . ولابد أن يجمع النظام التصنيفى معاً ، كل الكائنات الحية المتشابهة ويفصلها دون غيرها ، مما يختلف عنه بحيث نجد فى الجزء العلوى من تصنيف الكائنات ، غالبية الكائنات قليلة التشابه ، بينما تحتوى الأقسام الدنيا ، الأعضاء من الكائنات التى تشيع فيها ذوات الحفوص المشتركة ، وبذلك يكون فى أدنى أجزاء التقسيم ، الأفراد المتشابهة تماماً . مثل ذلك التبويب للنبات والحيوان ، يسمى بعلم التوصيف (Taxonomy) وهو الذى يسمح لنا بتقسيم كل من المملكة الحيوانية والمملكة النباتية ، بحيث تتاح فرصة أفضل لدراساتها، ودراسة علاقة كل منها بغيرها . .

فى التصنيفات الحيوية التى تستخدم عادة فى دراسة الحفريات ، كما هى لدراسة الأشكال التى لم تزل حية ، فإن أصغر وحدة فى التصنيف هى النوع (Species) وهو مسمى لمجموعة من الكائنات الحية تتميز بذات الصفات ، وتختلف عن مجمل الأنواع الأخرى على اتساع العالم . والمفترض هو أن أى عضوين اثنين من نفس النوع يمكنها أن يتبعا نسلأ أو ذرية ، يكون فى مكتبتها هى الأخرى من بعد ، إعادة الانتاج أو

التناسل ، بينما اعضاء نوعين مختلفين ، بغض النظر عن مدى قرب العلاقة بينها .
لا يمكنها أن يتناسلا أو ينجبان ذرية . ولكي يكون النظام التسموي مفيداً ، يجب أن
يكون لكل نوع اسم مفرد خاص به ، يجعله يمتثل عن كل الأنواع الأخرى . مثل
ذلك ، سوف يكون لاشك أمراً صعباً على التداول ، خاصة إذا ما أخذنا في اعتبارنا أن
هناك ما يزيد على ١,٦٠٠,٠٠٠ نوع من الحيوان والنبات معروفاً لنا اليوم . . سوف
يكون ذلك ، أمراً معجزاً لأمراء في ذلك . من هنا ، فإن علماء الحياة ، وكذلك علماء
الحفريات ، يستخدمون نظام الاسم المزدوج (Binomial Nomenclature) الذي ابتدعه في
عام ١٧٥٨ عالم طبيعي سويدي ، يدعى (Carl von Linné) ويستخدم اليوم عالمياً بواسطة
كل العلماء ، لوصف وتسمية كل من الكائنات الحية والمتحجرة . نباتية كانت أم
حيوانية .

ويتطلب نظام التسمية المزدوج هذا ، أن يتكون اسم كل نوع من الاسم الجنس
(Generic name) والاسم النوعي (Specific name). وعند الكتابة ، يكتب كلا الاسمين
بالأحرف الأفرنسية المائلة (Italicized) بينما الحرف الأول من اسم الجنس يكتب بالخط
الكبير وبقيّة الأحرف بالخط الصغير ، أو أن يوضع تحت الاسمين خط واضح . ويشق
كلا الاسمين من المعنى اللاتيني أو اليوناني (Greek or latin) وعادة يكون الاسم النوعي
لفظة وصفية للكائن ، كما يمكن أن يكون باسم شخص أو مكان .

ويمكن تقسيم عالم العضويات إلى قسمين كبيرين ، هما نبات وحيوان . . يسميان
بالمملكة النباتية والمملكة الحيوانية . ومرة أخرى تقسم تلك الممالك إلى قبائل (Phyla)
وهذه إلى شعب (Classes) وهذه بدورها إلى رتب (Orders) ثم إلى عائلات (Families) ثم
إلى أجناس (Genera) ثم إلى أنواع (Species) وفوق ذلك ، فإن كل تلك الأقسام يمكن
أن تنشعب مرة أخرى ، إلى أشباه جنسية أو نوعية (Subgroups, Subspecies) أو أن
تتجمع مع بعضها في مجاميع أعلى مثل (Supergenera, Superfamilies) . وهذا التجميع
إلى أعلى أو الانشعاب إلى أسفل (Super-, Sub-) ليس شائع الاستعمال على أى حال من
الأحوال . . وعلى ذلك ، فنحن نرى أن هذا النظام التصنيفي ، هو نظام وروحي
تشارك فيه أفراد كل مجموعة أدنى في صفات كثيرة ، مما هو عليه الحال في أعضاء أو أفراد

المجموعة الأعلى التالية . وفي الجدول التالي مقارنة بين البشريات والكلاب ؛ وكليةها
يتسمى إلى المملكة الحيوانية :

الكلاب (Mammalia)	البشريات	الوحدة التصنيفية
(Animalia) الحيوانية	(Animalia) الحيوانية	(Kingdom) المملكة
(Chordata) الحلييات	(Chordata) الحلييات	(Phylum) القبيلة
(Mammalia) الثدييات	(Mammalia) الثدييات	(Class) شعبة
(Carnivora) اللواحم	(Primates) الرئيسيات	(Order) رتبة
(Canidae) الكليات	(Hemionidae) الأدميات	(Family) عائلة
(Canis) الكلاب	(Homo) البشريات	(Genus) جنس
(Canis Fami- الكلب الأليف laria)	(Homo Sa- الانسان العاقل piens)	(Species) النوع

كما سبق ، يتبين أن الانسان والكلب كليهما يتبعان إلى قبيلة الحلييات التي تنظم كل الحيوانات التي لها حبل شوكي (Spinal Cord) وهما معا ضمن رتبة الثدييات التي تشمل كل الحيوانات ذوات الدم الحار ، والغدد اللبنية (Mamary glands) والشعر يكسو أجسادها . وإلى هذا الحد فالكلاب والبشريات في ذات الموقع من التصنيف بما لها من صفات على نحو ما ذكرنا . وعند مستوى الرتبة ، فإن الصفات المميزة لكل ، تكون على درجة من التخصص تسمح بالفرقة تماماً . فالكلاب تنتمي إلى اللواحم (تشمل أيضا القطط) بينما تنتمي البشريات إلى الرئيسيات (تشمل أيضا الشمبانزي والفرد) . عند تلك النقطة ، لم يعد بين الكلاب والبشر أية خواص مشتركة وافترا كل في طريق . ويعمق الخلاف عند المستويات الأخرى (العائلة والجنس والنوع) . وعند النوع فإن كل الأفراد في اطار كل جنس يكون لها نفس الخواص الحيوية المشتركة والعامة . ومن الواضح أن هناك فروقا فيما بين البشر والكلاب ، هي في مجموعها لا تعدو أن تكون تنوعا في الخواص والصفات مثل الطول والوزن والارتفاع أو شكل الأنوف والأذان ، إلخ ، ونؤكد هنا أن تلك فروقا شكلية ، وتبقى الفروق الجوهرية بما منح الإله للإنسان من عقل ، وفضله على كل من خلق تفضيلاً ، وأراد أن يجعل أمانته بعدما أبتهما الجبال والسماوات . . ولقد يحدث أن يكون هناك اسم لشخص ما أو تاريخ بعد اسم النوع في المملكة النباتية أو الحيوانية . . وإن حدث فذلك لا شك اسم المكتشف الأول للكائن وتاريخ كشفه .

استخدام التقسيم التصنيفي في تعريف الحفريات

كما رأينا سلفاً ، فإن كلا من المملكة النباتية والحيوانية ، تنقسم إلى أقسام تعكس درجات التشابه فيما بينها جميعاً . وعند تعريف الحفرية ، فعل من عثر عليها أن يحدد أولاً ، القبيلة ، والشعبة التي تنتمي إليها العينة . وليس هذا على إطلاقه من الأمور المسيرة لأنه ليس هناك العديد من المجموعات التي يختار من بينها وإنما هي أقسام كبيرة بأعداد محدودة ، وفيها عدا بعض العينات غير العادية ، فإن الدارس سرعان ما يكتسب خبرة لتحديد نوعية العينة . من هنا ، فإن ما يتبقى لاستكمال تعريف العينة تفصيلاً هو النزول بها إلى اسم الجنس والنوع الصحيحين . ويتم ذلك عادة بالاستعانة بكتاب متخصص من الحفريات بشكل عام ، أو أن يكون الشخص إقليمياً مثلاً ، بمعنى أن يكون كتاب حفريات متخصص في منطقة ما بعينها . . كذلك قد يُستفاد بالرسائل الجامعية لدرجات الماجستير أو الدكتوراه ، التي تعد على مناطق محددة تدرس فيها التتابعات الصخرية والحيوية ومفردات الحفريات المتنوعة* ، حيث تحدد الدراسة الخواص والصفات للحفريات موضوع الدراسة ، خروجياً وتاريخياً ، موضحة بالصور والرسوم .

.. والآن ، لنفرض أنك جمعت بعض العينات الحفرية ، فما هي الخطوات التي ستتخذ للتعرف عليها ؟

بادئ ذي بدء ، يجب أن تطلع على كتب وبحوث* ، تتحدث عن مجمل الحفريات في منطقة دراستك ، وهو ما يوجد عادة في مكتبات جامعة الإقليم ، أو الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية ، أو معهد الصحراء . الخ . وقبل محاولة تسمية ما جمعت من حفريات ، عليك أن تصنف كل قبيلة منها على حدة ، ثم تنزل بذلك التصنيف إلى الأقسام الأدنى ، حتى تكون حفريات كل قسم هي نواتجها تماماً ، وقد تنتمي إلى نفس النوع . وهناك فوارق شكلية واضحة ، تؤخذ معياراً للتفرقة بين نوع وآخر . من ذلك .

• مثال حل ذلك :

رسالة الماجستير للسيد محمد كمال البشراوي بكلية العلوم ببها وموضوعها : دراسات بيوستراتجرافية وريثات لدعامة لصخور الفترة ما بين نهاية العصر الطباشيري ، وبداية الحقب الثالث للمنطقة الواقعة بين وادي طيبة وواقي فيران ، غرب وسط سيناء ، مصر - (١٩٩٠) في ٢١٠ ص .

مثلاً ، عدد الضلوع في طائفة المرجانيات (Prachiopoda) أو ترتيب الأسنان في المحاريات (Pelecypoda) . وصفات أخرى مثل الحجم واللون ، لا تعد من الاهمية بمكان في تصنيف غالبية الأنواع . وبالحبرة وبالأستمان بالمراجع المتخصصة في تعريف وتحديد الحفريات ، يستطيع الدارس المبتدئ أن يتعرف على الخصائص الأهم في ذلك المجال ، خاصة بمقارنة ما يجد ، بما في الكتب من رسوم وصور . وإذا ما ظهر أن هناك العديد منها مما يتشابه مع ما معك من حفرية ، فعليك أن تقرأ الأوصاف جيداً ، مع ملاحظة وحدات التقسيم التصنيفي التي تنتمي إليها كل حفرية . وتذكر أنك دائماً تأخذ سبيل التعميم ، وصولاً إلى التخصص ، في تصنيف الكائنات ، ثم التعرف الدقيق على هيكلك . وكلما ازداد المرء خبرة في ذلك ، كلما كان أكثر التصاقاً بالعديد من الكتب والدوريات والرسائل المتنوعة ، التي تكون ذات نفع كبير في ذلك المضمار ..

.. إنه بمقارنة الأحياء التي كانت تعيش في زمان جيولوجي بعينه ، مع ما يسود في حاضر الناس ، ومع كائنات آخر ، عبر كل العصور ومنذ بداية الحياة .. يحصل الباحثون على عمر الأرض ونشأة الحياة .. وقد قدرت بدايات الحياة بنحو ثلاثة بلايين ونصف البلايين سنة تقريباً . وحادة ، فإذا ما كانت ظروف حفظ الكائن أو بقاياه بعد موته جيدة ، تكون هناك حفريات جيدة .. وإن يكن ذلك نادراً .. سبب الندرة أن غالبية النباتات والحيوانات ، تموت أو تهلك في ظروف غير مواتية ولا مناسبة للتأحفر ، كذلك فإنه بصرف النظر عن البيئة التي يجثا فيها الكائن ، فعادة ما تكون هناك عوامل إضافية أخرى ، تعمل بانتهاب مهاد لأن تحفظ لتلك الكائنات حفريات . من أول تلك العوامل ، بمجرد موت الكائن ، يهاجم عادة بالمفترسات والنواهب من الحيوان ، والتي لا تكفي بالتلاف أو التهام لحوم تلك الكائنات ، ولكن أيضا فقد تبعر عظامها بحدأ . عندها ، فإن أية أشلاء للكائن سوف تتعرض للكتريا التي تعجل بالفناء الكامل ، ومن ثم اختفاء كل أثر .. عامل ثان ، هو أن الأجزاء الصلبة للكائن ، إن وجدت ، فقد تغدو عرضة للإتلاف الميكانيكي ، مثلما قد يحدث عند نقل تلك المتبقيات من مكان إلى مكان بعوامل النقل الطبيعية ، كالمياه والرياح ، أو على الأقل بريها وحتمها بالرواسب الفتاتية المنقولة معها بوسائط النقل تلك . وقد يحدث هذا بالطبيعة على اليابسة أو في الماء .. وعامل ثالث ، يتمثل في أنه حتى لو قاوم كائن ما ، عوامل الإتلاف الطبيعية تلك ، وأتيحت الفرصة للدفن السريع بعد الهلاك ، فإن عوامل الإتلاف الكيميائية ؛

كالإذابة مثلاً ، قد تبقى حائلاً دون التآحفر الكامل . كل تلك العوامل تعكس ندرة تكون حفرية مرشدة ، وأنه يعتبر من حسن الحظ أن يتحول أى كائن عاش يوماً ما ، إلى حفرية . . بله حفرية مرشدة . .

ونستطيع أن نقرر الآن ، أنه أسمى واضعاً أن الكائنات التى تمتلك أجزاء صلبة فى مكونات بدنها أو هيكلها ، والتى تكون قد دفنت سريعاً ، تكون لديها أفضل الفرص للتآحفر . ولنا أن نتساءل الآن ، من أى من المواد تتخذ الكائنات أصدانها وعظامها وأسنانها ، وغير ذلك من الأجزاء الصلبة التى يمكن أن تتآحفر من بعد موت أو هلاك ؟ وبرغم التنوع العظيم فى الحياة ، فإن قلة من المواد فقط هى التى تكون الأجزاء الصلبة فى الكائنات بعامه . وهى من حيث الوفرة ترتب على النحو التالى :

١- كربونات الكالسيوم (Calcium Carbonate) : يُعتبر الكالسيت والأراجونيت معدنين شائعين لهما ذات التركيب الكيميائى ، ولكن يختلفان فى الترتيب الذرى لتلك المكونات . وتتواجد مثل تلك الذرات فى مياه البحر ، وتستخدمها كثرة من اللافقاريات البحرية فى بناء أصدانها . ويسبب أن معدن الأراجونيت قابل للتجوية والتغير ، أسرع من معدن الكالسيت ، فإن حفريات اللافقاريات الحيوانية التى استخدمت الأراجونيت ، لا تُحفظ بنفس وبذات الجودة التى تُحفظ بها ، حفريات الكائنات التى استخدمت الكالسيت فى ذاك الغرض . ولقد ثبت أن أنواع ثلاثة عشرة قبيلة (phyla) من اللافقاريات ، تستخدم الكالسيت ، بينما أنواع حوالى أربعة قبائل لا فقارية فقط ، تستخدم معدن الأراجونيت .

٢ - السيليكا (SiO₂) : تستخدم تلك المادة بواسطة أعضاء ثلاثة مجاميع مختلفة فقط هى : الدياتومات (Diatoms) والرادبولاريات (Radiolarians) وقليل من الإسفنجيات (Sponges) وتعتبر السيليكا من أكثر المواد مقاومة للنفاء والتحلل والتلف ، ومن ثم فحفرياتها جيدة الحفظ .

٣ - فوسفات الكالسيوم (Calcium Phosphate) : ويعتبر هذا المركب الكيميائى هو المادة الأساسية التى تستخدمه كائنات مثل المرجانيات وذوات الفصوص الثلاثة

(Inarticulate Brachipods and Trilobites) لبناء الجزء الصلب في أجسامها . كذلك لهم المادة التي تتبني منها الأسنان والعظام في غالبية من الكائنات .

٤ - المادة العضوية (Organic Matter) وتتضمن العديد من المركبات العضوية المعدنة ، مثل السيلولوز والكيوتين واللجنين (Cellulose, Cuticle, Lignin) . . وغيرها من المواد التي تستخدم عادة بواسطة النبات ، وتدخل في تركيبه . وهي في مجملها مواد لا تحفظ عادة في سجل الصخور كحفريات ، إلا على شكل أغشية كربونية بما يشبه الطبقات .

.. واضح عما سبق أن أهم الحفريات وأحسنها حفظاً ، ما كانت عن كائنات بحرية .. والكائنات البحرية لكي تبني ما صلب من هيكلها . تستخلص المواد المذكورة أنفاً من ماء البحر .. فمن أين جاءت تلك المواد .. ولا يسعنا هنا إلا أن نقول سبحانه الله العظيم ، ونحن نتأمل قدرة الخالق جل وعلا .. فالعناصر أساساً دخلت المطبخ الكبير - حرارة باطن الأرض - لتصبح المعادن بشقيها ، العنصري منها والمركب والغليزي واللافلزي . وهذه جميعها تبلورت أو لم تتبلور ، لتصبح صخوراً ، هي قشرة الأرض في مجملها . تتعرض بعد ذلك قشرة الأرض لتأثيرات الغلاف الجوي الذي ينفقها ، والغلاف المائي الذي يحيط بغالبيتها ، وفي دوراته المختلفة .. من مراحل الدورة المائية ، تساقط الأمطار ، التي تكون سيولاً تذيب وتجرف معها العديد من معادن القشرة . تحمل السيول معها ما ذاب ، وما علق ، متغيراً وغير متغير .. لترسيبه في أماكن مختلفة من سطح الأرض بحسب الأوزان .. غاية كل ماء جاري على سطح الأرض ، هو البحر والمحيط يبلغه الماء الجارى بما حل من دقيق وذائب الحبيبات والمعادن . في البحر ، تعيش كائنات دقيقة هائلة ، قد تعجز عين الإنسان عن تأملها .. ومع ذلك فقد حباها الرحمن بقدرة لم يبلغها الإنسان .. تتمثل تلك القدرة في استخراج ما ذاب وما علق بالماء من عناصر أو معادن ذائبة ، لتبني بها ما صلب من أحوادها وهيكلها .. وتعود تلك الكائنات لتموت ، فتتجمع من البقايا تركيزات معنوية ، ما كان الإنسان يبالغها لولا تلك الكائنات في ماء البحر .. ومرة أخرى سبحانه ربه العظيم ..

طرق حفظ الحفريات : (Preservation)

إن هناك العديد من الطرق التي تُحفظ بها الكائنات ، أو بقاياها لتكون بعد موت ، حفرة ، ونورد فيما يلي بعضها منها :

أولاً : الحفظ دون تغير : إن عملية التآخر التي تحفظ فيها المادة الأصلية دون أي تغير ظاهر (Preservation without alteration) تعتبر أكثر وسائل الحفظ شيوعاً في اللافقاريات البحرية (كائنات ليس لها عموداً فقرياً) . ونذكر هنا أن الكائنات التي لديها أفضل الفرص لكي تتآخر ، هي التي امتلكت وتمتلك أجزاء صلبة ، ويتم دفنها سريعاً بعد الموت . وتلك هي عادة ، الظروف التي تتوفر للكائنات اللافقارية التي تعيش وتُموت ، في المحيطات . فالمحيطات تزخر بالحيوان ، ثم هي تستقبل راسب من اليابسة . . وذلك كله يقدم أفضل الفرص ليتم التآخر بشكل عام . ومن ثم ، فالكائنات البحرية لديها أفضل الفرص لكي تحفظ من بعد موت ، بجانب أن أصدافها هي كذلك تحفظ دون أن يطرأ عليها تغير ملحوظ . ولكن ماذا عن الحيوان والنبات على اليابسة ؟ وكيف يحفظ ؟ وكما قد يتبادر إلى الذهن ، فإن البعض منها قد يتآخر تماماً كاشباهها من الكائنات البحرية . وكل ما يلزم عندئذ ، هو ظروف مناسبة لذلك الحفظ . مثل تلك الظروف تتواجد في بعض البحيرات ، أوحى في قلة من الأنهار والقنوات ، ولكن بشكل عام ، فذلك أمر نادر لغالبية نبات وحيوان اليابسة . وفي غير مثل تلك الحالات ، فإن هناك ثلاثة طرق ، تشد الانتباه في حفظ حيوان الأرض ونباتها ، حفظاً كاملاً ، وإن يكن نادراً ، تلك هي :

أ - التصمغ (Amberization) وهو ممدنا بمعلومات عن الحشرات والحيات النباتية في الأسس البعيد . فحين ينهرأ لحاء بعض الأشجار (Bark) وبخاصة في بعض الصنوبريات (Conifers) ، فإن مادة صمغية سميكة لزجة تنساب في بطه خارج تلك الجروح . مثل تلك المادة ، تعمل كمصيدة للكثير من الحشرات الزاحفة والطائرة ، وكذلك لما تحمله الرياح والبلور ، وتوجد الزهور ، وما إليها جميعاً . فالحشرة على سبيل المثال ، تلتصق بالمادة الصمغية المناسبة من جروح اللحاء ، وشيئاً فشيئاً ، قد تغوص فيها حتى تُطمر تماماً حين ينساب المزيد من تلك المادة الصمغية فوقها وحولها . وتحت ظروف

خاصة ومناسبة ، قد تُحفظ تلك المادة الصمغية . بما حوت ، في بعض نوصيات الرواسب ومن ثم ، تتحول إلى عنبر (Amber) . وربما كان أفضل ما عُرف من أنواع رواسب العنبر ، هي تلك المكتشفة في منطقة البلطيق الأوربية . فالحشرات التي عاشت إبان عصر الإيوسين (Eocene) منذ نحو خمسين مليون سنة ، يوجد منها ما هو محفوظ فيها يسمى برواسب العنبر (Amber Deposits) . وتوضح دقة الحفظ من تواجد أشياء أو أجزاء ، مثل الأجنحة ، وقرون الامتصاص ، والشعر ، والأنسجة العضلية . . حتى أنه يوجد سجل كامل للعنكبوت الحريري محفوظاً داخل تلك المادة . ولقد مكّنت ظاهرة التصمغ تلك ، كثرة من علماء الحفريات من دراسة عالم الحشرات في الماضي البعيد (الجيولوجى) ، وأن يتبعوا التاريخ التطورى للعديد من الحشرات . ويجدر أن نشير هنا ، إلى أن الحشرة حين تقع في تلك المادة الصمغية ، فلسوف - بالطبيعة - تناضل ما استطاعت - بحكم حُب الحياة عند كل حي - من أجل الخروج من ذلك المأزق ، والفكاك من أسرهِ بالضرورة . وفي كثير من الأحيان تتسبب تلك المقاومة والحركة في وجود بعض فقاعات الهواء ، وبعض الخدوش التي تتبدى للناظر داخل المادة الصمغية ، جنباً إلى جنب ، مع بعض الشوائب من تراب أو بقايا نباتات احتوتها تلك المصيدة مع الحشرات .

ب - السقوط في القار (الأسفلت) (Impregnation by tar or asphalt) وهي واحدة من الطرق غير العادية لحفظ الكائن كاملاً ، وحتى بدون تغير . فحُفَر القار في كاليفورنيا مثلاً (La Brea Tar pits) توجد منذ عصر البليوسين (Pleistocene) . وقد أمدت علماء الحياة القديمة بتقرير مدّش عن الحياة القديمة في منطقة شبه جافة (Semiarid) إبان الزمان الذي سادت فيه المثاليج (في العصور الجليدية) وغطت الأجزاء الشمالية من القارة الأمريكية . في منطقة الحُفَر القارية تلك ، قامت الشقوق والكسور في قشرة الأرض بعمل عرات لمادة الزيت الخام الثقيل ، ولتاحت لها الفرصة للخروج على السطح ، حيث كونت ما يشبه البحيرات والحفر الصغيرة ، المملوءة بالقار ، والتي تغطت من بعد بالماء لسبب أو لآخر . وجاء - في ذلك الزمان - العديد من الطير والحيوان الذى كان ، ليشرب أو يستحم ، فوقع في المصيدة ما وقع ، وغاص في القار والزيت الثقيل ونعتقد بأن الحادثة هنا لا تحتاج إلى مزيد من تفصيل ، فالانفصال من أجل البقاء

لا بد كان . وهى إذ فعلت ، فقد جذبت انتباه أكلات اللحوم والمفترس من الحيوان ،
والتي يوقعها طمعها أو فضولها هى الأخرى فى مصيدة الزيت الحام والزنج ، ولتقل
أوزانها فقد غاصت حتى القاع توأ ، حيث فسدت لحومها وعظامها وتشبعت بمادة الزيت
حيث قُهرت فيه . من هنا يمكن القول ، بأن قطعاً كبيراً من حيوان المنطقة ، حول حُفر
القار فى كاليفورنيا ، بما فيه الأفيال والجبال والحيل والحمير والدئاب والطيور ، وحتى
الحشرات وغيرها ، قد حُفظ ليحكى قصة ما انقرض - منذ ما يقرب من عشرة آلاف
سنة - فحفراته فى السجل محفوظة . ويدون تلك الطريقة النادرة للحفظ والتأخير ،
ما كان يوسع الانسان اليوم أن يحصل على مثل ذاك السجل الكامل للحياة فى ذاك
الزمان والمكان ..

جـ - التجمد فى الجليد (Freezing in Ice) . وهو ثالث الطرق وأندرها للتأخير
والحفظ الكامل . وقد أمدتنا هذه الطريقة بجلد ولحم وشعر ، بل وحتى بمحتويات معدة
حيوان الماموث الصوفى (Woolly Mammoth) . وهو حيوان الصناجة البائد من أسلاف
الفيلة . والذي كان يتجول ويعيش منذ نحو مائة ألف سنة إلى عشرة آلاف سنة مضت
فى سهول سيبيريا وآلاسكا المتجمدة ، وتلك البهيمة ، إما أن تكون قد سقطت فى بحيرة
شديدة البرودة ، ثم تجمد الماء من حولها ، أو أن تكون قد سقطت فى صدع أو أخدود فى
غير جليدى ، ثم غطتها الثلوج فوراً . . وفى حالة من تلك الحالات ، تجمد حيوان
الماموث بسرعة ، حتى أن ملء فمه من طعامه وجد محفوظاً على حاله ، ولم يتم مضغه
بعد . ولقد كان أول تسجيل لبهيمة ماموث فى دلتا نهر لينا (Lena River Delta) بسيبيريا
فى عام ١٧٩٩ . ومنذ ذاك الكشف الأول ، فقد أضيف نحو خمسين كشفاً آخر لبهايم
من ذات النوع ، ولقد حفظت لحومها حفظاً جيداً جداً ، حتى أن الكواسر والكلاب ،
حين أُلقيت لحومها لها ، أقبلت من توها على التهامها . . وأكثر ما شد الانتباه فى تلك
الاكتشافات الماموتية ، هو صغير لها قدر عمره حتى اليوم بنحو ٤٤ ألف سنة ، وجد
مخفوظاً بجودة عالية وهيئة كاملة وسليمة فى الشمال الشرقى من منطقة سيبيريا . .
والغريب أن دم تلك البهيمة الأحمر - وهو أول دم يتأخر - أدخل إلى المعمل وأمكن
تحليله كاملاً . .

ثانيا - الحفظ مع التغير (Preservation with Alteration)

إن هناك العديد من طرق حفظ الحفريات التي تتغير فيها المادة الأصلية للكائن . ومن شأن تلك الطرق أن تزيد من فرص التأخر بشكل عام . وأول أنواع هاتيك الطرق التغيرية ، هي ظاهرة التحجر (Petrification) . وهذه كلمة اشتقت من الأصل اليوناني (Petros) التي تعني الحجر ، ومن ثم فالتحجر هو تغير مادة الكائن إلى مادة حجرية . ويتم هذا التغير - أو إن شئت الدقة - التحجر ، إذا ما ترسبت مادة ثانوية في مسام وفتحات الكائن ، أو حلت محل مادته الأصلية بعد هلاكه . وذلك أمر يتم عبر سبل ثلاثة ، تتميز كل منها عن سواها وتختلف في سُميها ، فنجد :

— التعمدن (Permineralization) ويحدث هذا عندما تكون هناك عملية معدنة أو تمعدن (Mineralization) للأجزاء الصلبة في الكائن . . وهي عملية إذلال حفري للمكونات العضوية أو إضافة مواد غير عضوية إلى جسم ما ، أو هي عملية التخلخل أو التروذ بالمعدن أو العمل على تكوينه . . وعادة يتم ذلك بملء المسام أو المسافات الفارغة في صدفة أو عظمة كائن . . وأفضل المعادن في ذلك المرو (SiO₂) . وتعمل عملية التعمدن تلك على حفظ البناء التركيبي الشامل للكائن ، وربما دون تفصيل دقيق . وتفضل تلك العملية ، سواها ، في حفظ بقايا كائنات ، ما كانت لتُحفظ أبداً . وإضافة إلى ذلك ، فإنه ينتج عن تلك العملية قوة تماسك مكونات الكائن . ويعتبر الخشب المتحجر - مثلاً في مناطق المعادي وطريق الواحات وغيرها في مصر ، نماذج رائعة لتلك العمليات التعمدية ، أو هو التأخر بتحجر بقايا الكائنات . .

— الإحلال (Histometabols or Replacement) : وهي عملية يتم فيها الإحلال لمادة الكائن حجماً بلذات الحجم ، من معدن ثانوي ، حتى يتم التأخر ، مع الحفاظ على كافة تفاصيل التركيب الخلوية الدقيقة . وكما في حالة التعمدن السابق الحديث عنها ، فإن المعادن الثانوية المألثة أو الحائلة محل غيرها ، إنما تُستخلص من المياه الجوفية المشبعة ، إبان تخللها للرواسب المحتوية ، أو المقبرة ، لتلك الكائنات الهالكة . ومن المتفق عليه الآن ، أن هناك ما يزيد على الخمسين معدناً ، قد رُصدت وعرف أنها قابلة للإحلال محل المادة العضوية الأصلية في نبات أو حيوان . . إلا أن أكثر تلك المواد شيوعاً ، هو

المرو . وقد وجدت حفريات مسرجانية (Brachiopoda) حُلُ المرو فيها محل مادتها الأصلية ، وهى الكالسيت ، فكان تركيبها الخارجى رائع التفاصيل . وربما كانت الحفريات الحشرية السيليسية التى حُثِر عليها فى جنوب جبال كاليفورنيا ، ويرجع عمرها إلى عصر الميوسين . . نقول ربما كانت أفضل النتائج المعروفة لعمليات الإحلال . وتتواجد تلك الحشرات فى منعقدات كلسية ، وهذه بدورها حين تعالج . يعامض الأيدروكلوريك المخفف ، فإنها تذيب كلية فيما عدا حفريات الحشرات السيليسية بكل تفاصيلها . ولقد مكنت هذه الرواسب غير العادية ، علماء الحياة القديمة من التعرف حل عالم الحشرات فى عصر الميوسين . وعلى معدن الرو أهمية فى المعادن الإحلالية ، الكالسيت واللدولوميت والبيريت والهيماتيت والليمونيت والجلوكونايت . ويمكن الفرق الأساسى فى الفصل بين طريقى التمعدين والإحلال ، فى أنه فى الحالة الأولى يبقى الهيكل العام كما هو ، بينما فى الثانية يبقى الهيكل العام وتفصيلاته كذلك .

— التشكل الكاذب (False Formation or Pseudomorphism) : وذلك هو ثالث السبل إلى التحجر ، وهو يحدث عندما تفسد أو تتحلل المادة الأصلية للكائن ، أو تُزال كلية لسبب أو لآخر ، تاركة مكانها ما يشبه القالب (Mold) والذى يُملأ من بعد ، بمادة معدنية ، غالباً ما تكون من المرو . والنتيجة ، هى حفرة تشبه تمام الشبه ما كان من كائن ، فى ظاهرها ، بينما داخلها يخلو تماماً من أية مادة عضوية . . إنها قوالب خارجية ولقط . وقد حُثِر حل تشكيلات بنائية كاذبة فى الطفوح البركانية ، فى خلجان المحيط الباسفيكى ، حيث تداخلت النباتات فى الطفوح ، ثم طُمرت فيها فاحتقرت تماماً ، تاركة قالباً لشكلها الخارجى ، مُلئاً من بعد بالمرو ، فكان حفرة ، وإن تكن كاذبة . .

— التضمع (Carbonization) وهذا نوع آخر من أنواع الحفظ بالتغير ، وإن لم يبلغ مبلغ التحجر فى أهميته . . ويتبع التضمع حين تدفن كائنات نباتية أو حيوانية لحمية تماماً فى رواسب أوحق فى متكررات دقيقة الحبيبات . عندها ، ستخرج المكونات المتطايرة الناتجة عن تعفن وتحلل الأجزاء اللحمية الطرية إبان الدفن ، تاركة فقط مجرد غشاء كربونى رقيق ، ينبئ عن سابق وجود الكائن الأصل . وتلك هى أكثر السبل شيوعاً فى تأحضر النباتات ، وهى تمدنا كذلك بمعلومات عن الكائنات اللحمية عندها الأجزاء الصلبة فى هيكلها ، مثل الديدان والأسماك الحلامية ، والتى ما كانت لتُحفظ أو تتأحضر

بسبب انعدام المادة الصلبة فيها . أفضل النماذج لذلك النوع من طرق التآخر ، هي التي عُثِرَ عليها في الطفل في كندا .

— إعادة التبلور (Recrystallization) ويحدث ذلك عندما تتعرض مادة صلبة ما مثلاً ، لظروف تؤدي إلى تغيير في التركيب البلوري ذاته . وعملية إعادة التبلور تؤدي عادة إلى طمس وإخفاء تفاصيل كثيرة من الكائن الذي كان ، ويحدث ذلك غالباً عندما يتحول الحجر الجيري إلى آخر دولومى ، أو أن يعاد تبلور الحجر الجيري إلى حجر جبرى ما يعدي (Diagenetic Limestone) .

ثالثاً : آثار أو شواهد تدل على سابق وجود كائنات حية (Evidences of Organisms) :

يجب أن نتذكر هنا أن الحفرية هي ذاتها شاهد ، أو هي بقية من حيوان أو نبات ساديوماً ثم باد . . ولقد ناقشنا الطرق المختلفة التي يمكن أن يحفظ أو يتآخر بها كائن . والآن سنصف بعض السبل التي قد يجد بها الدارس ، شاهداً على سابق وجود كائن ، دون العثور على أى من أجزائه الأساسية محفوظاً أو متآخراً . . فنجد :

القالب (Mold) وهو الطبعة التي يتركها نبات أو حيوان فوق صخرة ما . فإذا ما كانت الطبعة لسطح الكائن الخارجى ، يُشار إليها بالقالب الخارجى (External) أما إذا ما عكست الشكل الداخلى فهي عندئذ قالب داخلى (Internal mold) أما ملء مكان تلك الطبعة على الصخر ، فهو النموذج (Cast) ويتج حين يمتلئ فراغ الطبعة ، فيمطر نموذجاً موجباً ثلاثى الأبعاد للتركيب الأصل . بعض تلك النماذج يكون من صنع الطبعة البحتة ، بينما قد يصنع الانسان نماذج للحفريات باستخدام عجينة باريس أو خلانها (Plaster of Paris) وتسمى أحياناً بالجبس الفارسى . ولا يخفى أن صناعة نماذج صناعية دقيقة ، يعد مهارة يمارسها كثير من المتخصصين في علوم الحياة القديمة ، والمتاحف . . وعادة تقابل دارسو الحفريات كثرة من تلك القوالب والنماذج ، وبخاصة في اللافقاريات . وهي مفيدة أيضاً في دراسة حافظات المخ عند بعض الفقاريات . فمثل تلك الحافظات المخية ، تعد قوالب حقيقية طبيعية تملأ ، إما طبيعياً بواسطة الرواسب أو صناعياً بمواد مطاوعة . ومن دراسة تلك النماذج المخية ، يستطيع الدارس

أن يرصد أموراً هامة كالزيادة في حجم المخ عند العديد مما انقرض من حيوان ، ثم يعول من بعد على ربط ذلك بدرجات الذكاء بأنواعه عبر الماضى الجيولوجى . أو أن يستطيع الدارس أن يجدد متى ظهرت قدرة البشرات على الكلام ، أو ما إذا كانت أنواع البتيروسورس (Pterosaurs) (وهى من الزواحف الطيارة) من ذوات الدم الحار أم لا . .

وعلى عكس القالب والنموذج ، فإن بعض الشواهد الحفرية لا تمثل مباشرة أباً من الأجزاء الأصلية للكائن . فمثلاً تترك كثرة من الحيوانات شواهد على تواجدها في شكل آثار (للمجاز أو السيل أو المسلك) (Tracks) أو آثار للرائحة أو سلوك المعيشة (Tails) أو حفر حفريات أو أنفاق (Burrows) أو ما يُنقر أو يحفر (Borings) . مثل تلك الشواهد تدلنا على الكثير من صفات وعادات الكائن . . كيف كان يتحرك ؟ وكيف كان سلوكه الغذائى ؟ فائز المجاز هو طبعة القدم تصنعها الحيوانات إذ تتحرك أو تمشى على رواسب لينة ، وحين تتسكك يمكن من بعد ، قصها . والآخر أيضا يلقى الضوء على طريقة الحركة ، ومدى السرعة ، وطول الأطراف ، بله الكائن ذاته ووزنه الذى قد يضى الأثر به . . بل أنه مما يجدر ذكره هنا أن وقع الأقدام المتأخفر (Fossil Footprint) قد استخدم للتأريخ للزمان الذى انتهت فيه لأول مرة بعض الكائنات ، حين اعتدلت مشيتها من فوق أربع إلى فوق اثنتين . . ولقد كانت العلامة البارزة في طبعات القدم المتأخفرة في ذاك الشأن فوق رواسب للرماد البركاني في تنزانيا بأفريقيا ، حيث يُظن وجود الإنسان الأول ، وقدرت إشعاعياً بمدى زمنى يبلغ من ٣,٥ إلى ٣,٨ مليون سنة مضت . وأما آثار المعيشة ، فهى الطبقات التى تتركها الكائنات الدابة زحفاً (الزاحفة) ، فهى كالأثر سواء بسواء ، نجبرنا غالباً بشيء ما عن الطريقة التى يتحرك بها الحيوان ، أو عن الكيفية التى ينال بها غذاءه ويتكيف حياته . وأما الأنفاق فهى الأثر الذى يتركه الحيوان إذ يتحرك خلال الرواسب . مثل تلك الفجوات ، قد تكون فجوات غذائية بحثاً عن الغذاء (Feeding Burrows) أو أن تكون سكناً ومستقراً (Dwelling Burrows) . ولقد وجد أن غالبية تلك الماوى تشكل تقريباً زوايا قائمة مع مستويات التطبيق (Bidding planes) . وأما الحفر أو النقر ، فهى عبارة عن ثقب تصنعه أنواع من الكائنات فى الصخور أو ما عداها من المواد المتساهكة ، بغرض الإيواء إليها أو بحثاً فيها عما يؤكل ،

فمثلاً الكثير من الحيوانات التي تلتصق بالصخور مثل اللواصق (Clams) تحفر في الصخور ثم تلتصق أجسادها . . بجوانب تلك الحفر لتبقى بقية حياتها هناك . كذلك فإن بعض الكائنات الحيوانية ، مثل الحلزون المفترس (الرخويات البطنية الأرجل) ، يحفر حفراً جيدة الاستدارة في أصداف بعض الكائنات ، ثم يحفر خلال ذلك الثقب مادة سامة ، تنسب في ارتخاء العضلات المقابضة للصدفة ، فتتفتح ، فيكون ما بداخلها غذاء سهياً . . ولكن مثل تلك الثقوب في الأصداف ، سوف تحكى للدارس اليوم عما كان بالأمس ، وقصة الأمس ذاته . مثل تلك الأثر في مجموعها ، يُشار إليها بأنها حفريات أثرية (Trace Fossils) ولها لاشك دورها البالغ في المعاونة على التعرف على النشاط الحيوية في ماضى الزمان . .

ويمكننا أن نضيف هنا نوعاً آخر من تلك الشواهد على النشاط الحيوى ، ألا وهى الفضلات (Coprolites) أو البراز المتحفر (Fossilized feces) . وهذه أيضاً يكون فى مكتبتها أن تصيف لمعلومات الدارسين عن الحيوانات التى أفرزها ، ولقد عُثر على الكثير من تلك الأشياء بجانب الحيوانات التى أفرزها ، وبذلك فهى تشكل معلومة لها قيمتها عن عادات الوجبات الغذائية ، حجماً وشكلاً ونوعاً عند تلك الحيوانات . وتعتبر الحشرات أو حشرات الأمعاء (Gastroliths) شاهداً آخر من شواهد النشاط الحيوية عند البهائم . وتلك هى قطع من الأحجار جيدة الصقل كانت تتواجد فى منطقة المعدة عند الديناصورات وبعض الزواحف البحرية المنقرضة . ويُعتقد أن تلك الزواحف كانت تتبلع بعض الحصى ليكون بمثابة الرحى التى تساعد على طحن الطعام داخل عمرات معدة الحيوان . . ومع طول استعمالها ، تصقل سطوحها .

الحفريات الكاذبة (Pseudofossils) :

بداية ، يجب أن نعيد هنا التأكيد ثانية على أن الحفريّة (الصادقة فى مضمونها العلمى السليم) ، يجب أن تكون إما بقايا ، أو شواهد ، لنشاط حيوى ، بينها ستكون

الحفريات الكاذبة عبارة عن أغراض غير عضوية ، تحمل مظاهر سطحية توحي بالشكل العضوى وهى منه براء . ومن بين الحفريات الكاذبة والشائعة . نجد :

١- الأشكال الشجرية (Dendrites) : وهى أشكال شجرية متعددة الفروع ، سوداء داكنة تتكون فى انتشار على سطوح المعدن من الأحجار المختلفة . وهى تشبه الحشائر أو نبات السرخس . ويكثر الخلط بينها وبين الحفريات النباتية عند الكثيرين ، وما هى فى حقيقة أمرها بحفريات ، وإنما هى رواسب معدنية لبعض أكاسيد المنجنيز أو الحديد . وهناك إمكانية للتعرف على حقيقتها ، والفصل بينها وبين أشباهها من الحفريات النباتية الأكلية ، بكونها أشكال صغيرة تصغر عن السرخس الحقيقى بكثير جداً . ويجانب ذلك فإن هاتيك الأشكال الشجرية ، تتواجد عادة فى الصخور النارية والمتحولة سواء بسواء كما فى الصخور الرسوبية . ولا يخطرن ببال أى دارس ، أن تكون الصخور النارية ركاماً لحياة نباتية .

٢- خدوش المالحج والفوالج (Glacial Striation and slickensides) : وهذه فى حقيقتها أحاديث أو حزوز أو شقوق أو حفر (grooves) تحدث عن حركة المالحج (الأبار الجليدية) فوق الصخور ، أو هى نتج عن حركة كتلتين من الصخور انزلقا على طول كسر فى صخور الأرض (Fault) . وإن تكن تلك الأشياء تشبه فى ظاهرها بعض الآثار والشواهد ، الدالة على نشاط حيوى ، إلا أن الدراسة المتأنية والمدققة ، سوف تظهر تواتراً جليهاً تكاد تكون خطوطاً مستقيمة ومتوازية ، الأمر الذى قد يندر - إن لم ينتف تماماً - حدوثه بواسطة الكائنات العضوية ، والحيوانية منها بالذات .

٣- المتحولات ونواتج عمليات التجوية (Concretions and weathering products) : الكثير من هذه الأشياء تشبه فى مظهرها ، بل قد توحي بأنها حفريات ، بينما الدراسة المتأنية سوف تعكس فى الحال أنها تفتقد أى تركيب أو شكل منتظم ، أو حتى أنها ناتجة عن - أو من فعل - أى نشاط حيوى ، وإنما هى وليدة نشاط غير عضوى بالرة .

٤ - الأنابيب الرأسية (Vertical Tubes) وهذه قد تتواجد فى بعض الصخور الرسوبية على شكل أنابيب رأسية تشبه الأنفاق التى تصنعها الديدان ، بينها حقيقة

الأمر ، أن بعض تلك الأنابيب الرأسية ربما نتجت عن هروب فقايع غازية ، خلال الرواسب ، إبان العمليات المابعدية (Diagenesis) المستولة عن تحول الرواسب إلى صخور رسوبية . كذلك مثل تلك الأنابيب الرأسية ، قد تكون سبباً لخروج بعض الغازات الناتجة عن المرحلة الغازية لتطور الصهارة ، (Pneumatolytic Stage) كما هو موجود في الحجر الرملي في الجبل الأحمر (الأخضر الآن) بجانب القاهرة قريباً من العباسية . وقد يصعب في كثير من الأحوال ، التفرقة بين تلك الأنابيب الرأسية وبين مسالك بعض الديدان ، إلا هل من احتراف دراسة الحفريات . .

• - آثار تساقط قطرات المطر وعلامات الموج وتشققات الطين المتأخضرة أو المحفوظة (Fossil Raindrop Prints, Fossil Ripplemarks and Fossil Mudcracks) وجميعها كما هو واضح ناتجة عن نشاط غير عضوى تماماً ، ومن خلال ظواهر طبيعية بحتة ، لا تجعل هناك علاقة بينها وبين أن تكون حفرة بأى شكل من الأشكال ، ومن ثم فاستخدام لفظة حفرة للتعريف بتلك الأشياء ، ولضم تلك الأشياء في مجمل الحفريات ، يعد أمراً غير مقبول ، وغير دقيق ، بل وغير علمي للغاية ، إذ أن كلمة حفرة - ومرة أخرى - تعنى وتشير فقط لظواهر ناتجة عن نشاط عضوى تماماً . . ولا غير ذلك . .

استخدامات أو فوائد الحفريات :

في سياق حديثنا السابق ، لاشك ظهرت بعض استخدامات - أو إن شئت فوائد - دراسة الحفريات . فهي تمدنا بوسائل لتقصي أثر ، وتطويع تاريخ الحياة على الأرض . فبمقدور الحفريات أن تكلمنا عبر سطور أو أحرف قُدت في صفحات كتاب الزمان الأزلى - وهى الصخور - أقول تكلمنا عن الصخور وأعمارها ؟ وعن ظروف تكون تلك الصخور وبيئاتها ؟ وبخاصة المصيفة للحفريات والمحتوية عليها ؛ كذلك فإن دراسة الحفريات تتيح لنا إمكانية مضاهاة الصخور في مساحات شاسعة ومتنوعة أو مختلفة ، في مناطق متفصلة عن بعضها عبر هذا العالم . بجانب هذا فهى قد تكون كذلك شواهد

ذات نفع في التعرف على رواسب معدنية اقتصادية بلاتها . وربما كانت فائدة الحفريات كذلك في قصر أثر الحياة في مناطق شتية ، وعبّر أزمان بعيدة ، هي أهم ما تقدم الحفريات من فائدة للعلم على الإطلاق .

واننا لنجد أن علم أشكال الطبقات (Stratigraphy) وهو في قول آخر دراسة الصخور ذات الطبقات (Stratified Rocks)، والعاملون في هذا الفرع من أفرع الجيولوجيا ، مهتمون تماماً بالصفات والخواص والمميزات العديدة للوحدات الصخرية ، ثم ما هي العلاقة بين تلك الوحدات الصخرية بعضها والبعض الآخر ؟ واحد من أهم مبادئ دراسة أشكال-الطبقات هو ما نسميه بقانون التتابع (Law of Superposition) . ومنطوق ذلك القانون يدل على أنه في تتابع طباق منسبط من الصخور ، فإن أقدم تلك الصخور هي التي في الأسفل بينما الأحدث هي التي في الأعلى . ويعد هذا المبدأ أو القانون هاماً جداً لدارسي الطبقات الصخرية ، إذ يتيح إمكانية مضاهاة وترتيب الصخور ، حتى ما انطوى منها مع مرور الزمن ، وبما أن بيئة الحفريات هي طبعا الصخور الرسوبية بشكل عام ، فيكون بالإمكان إذن استنباط ذلك القانون ، بقوانين أخرى مكملة ، كقانون التتابع الجوهري والنباتي (Law of Faunal and Floral Succession) والذيان ينصان معاً على توالي التشكلات والإلتزام في حفريات النبات والحيوان في تتابعات محددة ومقتنة . زيادة على ذلك ، فإن تواجد نوعيات متشابهة في وحدات صخرية مختلفة ، يشي بأن هاتيك الصخور ، إنما هي ذوات أعمار متساوية . وتلك حقيقة ، لأن الكثير من نوعيات الحفريات تعتبر من بنات حقبة زمنية معينة . من أجل ذلك ، فإن عالم الحفريات الذي يجد نفس النوعية في مساحات شاسعات الإمتداد ، يستطيع أن يخلص إلى أن الوحدات الصخرية المتواجدة ، إنما هي ذوات أعمار متساوية . كذلك فإن بعض الحفريات تستطيع أن تدلنا على مدى تشابه البنيات في الماضي الجيولوجي . فمثلاً ، تعتبر النباتات بشكل خاص ذات حساسية مرهفة للتغيرات في درجات الحرارة ، وما يستتبع ذلك من عوامل جوية .. فالبعض منها لا ينمو إلا في المناطق الحارة والجافة ، والبعض الآخر يتحدد نماءه في المناطق الرطبة . وعلى ذلك ، فعندما نجد حفريات نباتية ، ننتج في تحديد نوعياتها تماماً ، وتعرف اليوم نباتات تواجد مثيلاتها ، نستطيع عندئذ أن نستنتج علمياً وبسهولة ما كان عليه المناخ والطقس والبيئة في مكان وزمان وحياة النبات ، التي بأهلينا منه حفرة .. ونستطيع أن

تعمل نفس الشيء مع بعض الحيوانات ، فالكثير منها من لافقاريات البحر ، وترتبط زحائنها ببعض الأحياء ، ويدرجات حرارة معينة ، فعندما نجد حفريات من مثيلاتها ، نستطيع عندئذ أن نحدد ظروف وبيئة أجدادها . فمثلا ، كل المستعمرات المرجانية التي تعيش في يوم الناس هذا ، إنما تعيش في مياه ضحلة دافئة راتقة ، ومن ثم ، فعندما نعلم على حفريات لذات النزع في الصخور الرسوبية ، فعلينا أن ندرك عندئذ أن الرسوبيات المضيئة لتلك الحفريات ، قد تكونت في ظروف شبيهة تماما لذات الظروف التي تعيش فيها المستعمرات المرجانية الحالية .

كذلك نعلمنا الحفريات بشواهد تعضد نظرية التطور العضوي ، تلك النظرية التي تقرر بأن كل أنواع الكائنات الحية قد تطورت عن أنواع أخرى ، وأنه بشكل عام ، يوجد تقدم وتطور من الأوليات إلى الكائنات الأكثر تعقيدا والتي نراها في حياتنا الآن . فإذا نظرنا في سجل الحفريات ، سنجد أن الصخور الأقدم تحتوي على حفريات تختلف كثيراً في السلف عنها في الخلف ، وتقل درجات هذا الاختلاف كلما كانت الصخور أحدث عمراً وتكوناً . إن الفترات الجيولوجية التي ينقسم إليها حقب الحياة الحديثة ، إنما هي في الحقيقة ، قائمة في سميائها على أساس النسبة المئوية لنوعيات شعبة الرخويات (Phylum Mollusca) وهي شعبة من العالم الحيوانى تتميز الأفراد فيها بجسم رخو لا ينقسم إلى عقد ، وليس له أطراف مزدوجة ، ويسكن الحيوان الرخو عادة في صدفة صلبة من مصراعين أو مصراع واحد ، وتتخذ الصدفة أشكالاً مختلفة . تلك الشعبة تنقسم إلى عدة طوائف ، أهمها ثلاث، منها : البطلقديات أو المحاريات (Gastropoda "Snails") والبطلقديات (Pelecypoda "Mussels") والرأسقدميات (Cephalopoda) . . نقول ، على أساس النسبة المئوية لهذه النوعيات المقرضة والتي تحتويها صخور كل قسم ، كان تقسيم حقب الحياة الحديثة . فمثلا صخور عصر الأيوسين ، تحتوي على رخويات قد انقرض منها حوالى ٩٥ ٪ ، بينما صخور البليوسين ، تحتوي على رخويات مازال حوالى ٩٠ ٪ منها على قيد الحياة حتى يومنا هذا .

ونحن نستطيع أن نقص أثر الحياة في تاريخها التطورى عبر الزمان ، بدراسة التغيرات التي تظهر في سجل الحفريات . وتشكل التغيرات التطورية في الحصان واحداً

من أفضل تلك السجلات المؤثرة مثل ذلك التغير والتطور . كذلك ففي أمريكا الشمالية تقع واحدة من أفضل وأكمل التتابعات للصخور الرسوبية القارية ، المتكونة في حقب الحياة الحديثة ، وبين طبقاتها توجد أفضل السجلات التطورية للحصان . ففي صخور عصر الإيوسين ، توجد حفريات أول حصان . وتعكس تلك الحفريات أن حصان ذاك الزمان ، لم يكن يتعدى في حجمه ، حجم ثعلب اليوم ، بأسنان صغيرة وبسيطة ، وظهر مرتفع به قدر من القوس ، وقد زودت قدماء الخلفيتان بأصابع ثلاثة ، بينما زودت قدماء الأماميتان بأربع أصابع . ويمتد ذلك السجل بين دلتية ألبا ، التطورات والتغيرات التي طرأت على الحصان ، خلال عصور الأليجوسين والميوسين والبليوسين ثم البليستوسين . . وحتى حصان يومنا هذا . . فبعض بقاياه ما تزال تكمل آخر سطور ذلك السجل وتلك الحديثة .

.. وأما أهمية الحفريات ودورها اقتصادياً ، فلم خير منكور . فبقايا النباتات المدفونة ، قد استحوطت فحومات . والزيوت المستخرج في أيامنا هذه ، ما هو إلا نتيجة لتحلل مالا يحصى من نباتات وحيوانات وحيدة الخلية ، واستحالة مكوناتها العضوية إلى ما يسمى بزيوت الصخر (بترو) . واكتشاف واستمرار تنمية تلك المصادر ، إنما يقوم في غالبته على إمكانية مضاهاة الصخور ذوات الأعمار الواحدة . ويتم ذلك كما رأينا قبلاً ، باستخدام الحفريات . وعلى ذلك ، فلا عجب إن قلنا أن دراسة الحفريات توفر الكثير مما قد يُفق في البحث عن الزيت والفحم والرواسب المعدنية ؛ بحثاً عشوائياً دون الإهتمام بتلك الحفريات . فكثرة من الأحجار الجيرية الحفرية تستخدم كحجارة بناء بجانب ما نعرفه عن أعظم الأبنية وأعجبها طراً ، ألا وهي الأهرام الكبرى بالجيزة ، والمبنية من أحجار جيرية تكونت أساساً من أصداف كائنات حية دقيقة تسمى بالنباتات ، حتى سميت بالنباتات الجيزاوية نسبة إلى ذلك (Nummulitic Gizaheons) .

من أين نجتمع الحفريات ؟

بادئ ذي بدء ، نقول أنه حيثما وجدت الصخور الرسوبية ، قديمة حفريات . . بجانب ذلك ، تتواجد الحفريات سائبة في كثير من حفرات الحصى ، ومصاطب

الأنهار ، وعلى طول بعض الشواطئ .. ومن أكثر المناطق وفرة بالحفريات ، ما يلي :

١ - المحاجر (Quarries) : والمحجر عبارة عن حفرة مفتوحة ، تستخرج منها الصخور اللازمة للإنشاءات وأعمال الطرق وغيرها . وتعتبر المحاجر من أفضل الأماكن للحصول على الحفريات .. فمحاجر جبل المقطم مثلا أفضل الأماكن للحصول على النميات .. وهكذا .. ولقد تتفوق الجبهات المجاورة في المحاجر بمحصولها من الحفريات .

٢ - مقاطع الطرق الصحراوية السريعة ، والسكك الحديدية التي تقطع الصحارى ، وهي تعتبر في مجموعها - وبخاصة تلك التي تقطع في الأحجار الجيرية والطفل - من الأماكن المعطاة للحفريات ، لما قد يكون فيها من طبقات صخرية مجاورة على جانبيها ، وكلما كانت مجرأة أكثر ، كانت أفضل . ولدينا طرق صحراوية عديدة وسكك حديدية عبر الصحراء الشرقية والغربية .

٣ - مناجم الفحم وما يتخلف عنها مما لا يستغل حولها (Coal Mines and Dumps) وهذه أيضا تعتبر مسرحا لجمع عينات حفرية ، بشقيها النباتية والحيوانية . وقد تحتوى بعض طبقات الفحم على طبقات النباتات ، وكذا المنقذات التي ما إن تُشق أو تفتح ، حتى تكشف عن طبقات لنباتات أو حشرات أو حتى لحيوانات ، وكذلك الحال في طبقات الطفلة السوداء . وعلى كل حال ، فالكثير من الحفريات التي تتواجد في هذه أو تلك ، تكون مادتها الأصلية قد استبدلت بمادة أو معدن البايرايت . ويلاحظ أنه عند الكشف عن بعض طبقات الطفل ، يجب جمع ما بها من حفريات تورا ، لأن القليل القليل من المطر - وقد تكون التجوية كذلك - تحمله إلى كومات متناسكة من الطين . ولدينا في مصر مناجم فحم المغارة بسياء في صخور العصر الجورى ، كما أن طفل إسنا ، من أكبر الرسوبيات في مصر .

٤ - حفرات الحصى (Gravel Pits) وهي الحفر التي تتجمع فيها الرمال والحصى ، كأن تكون بقية من بقايا نهر قديم أو بحيرة بائدة ، بل قد تكون تلك الحفر أحيانا من

صنع المتاحف (أنهار الجليد) . وعادة تتواجد الحفريات في حصوات تلك الحفر ، ولن تكون عندئذ ، بحال من الأحوال ، سائبة أو مفككة . كذلك فقد أمدت الكثرة من تلك الحفر الدارسين بالعظام والأسنان لحيوانات العصر الجليدى .. ولكن للأسف فمثل تلك الحفر ، لا تستطيع أن تنبئ عن مصدر تلك الأشياء ومن أين أتت إليها . وكثير من تلك الحفر الزاخرة بحفريات الحيوانات الفقارية موجودة بمنطقة الفيوم .

● — المكاشف الطبيعية (Natural Exposures) : وهذه تتضمن جسور الأنهار ، أو واجهات المنحدرات الوعرة ، أو الشواطئ أو أى مكان طبيعى آخر ، تكون الطبيعة صانعة دون البشر . ولدينا نهر النيل الذى يقطع فى أرض مصر لمسافة تزيد على الألف كيلومتر ، يخترق فيها طبقات الحجر الرمل النوى الذى قُدَّ فيها معبدى أبوسمبل ، ثم يمضى خترقا طبقات الطفل فى اسنا وما حولها ، ويمد ذلك يمضى عنها إلى الأحجار الجيرية فى النيا وسبيلوط ويضى سوف حتى المقطم ، ثم يمضى دلثاه فى رواسب الطين والغرين وكلها تشكل مكاشف طبيعية .. أضف إلى ذلك السهل الترسى على شاطئ البحر الأحمر وخليج السويس ، ثم المقطع الرسوى الهائل فى الساحل الشمالى الغربى للتراب المصرى وخاصة عند منطقة صجبية غرب مرسى مطروح .

الباب الخامس

الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية

(Topographic And Geologic Maps)

ليس ثمة شك ، أن للخرائط بعمامة فوائد جمة ، سواء كانت لتوقيع الأماكن أو لتحديد نواحيات وأحجار الصخور في مواقعها . وغالب الناس لديهم أفكار على نحو ما ، عن خرائط الطرق والأطالس التي تكون في متناول الأيدي في نواحي السيارات ، أو محطات خدماتها أو حتى في المكتبات . ومن مثل تلك الخرائط ، يتعرف المرء على طرق منطقة ما ، أو ما بها من معالم طبيعية أو حضارية سياحية أو نحو ذلك . ومع أن مثل تلك الخرائط قد تكون مفيدة لبلوغ منطقة بذاتها ، إلا أنها لا شك لا تحتوي من التفاصيل الدقيقة ، ما يكفي بالتحديد لتحمين نقطة ما تمييزاً تاماً ، أو لتوضيح معالم سطحية ، بله لتبيان معالم جيولوجية ، وبالتالي فإن لم يكن الدارس عضو بعثة جيولوجية . أو فرد في فريق عمل إلى حفل ما ، فلا بد له من أن يحصل على ، ويعرف كيف يستخدم الخرائط سواء كانت طبوغرافية أو جيولوجية .

والخريطة الطبوغرافية تشرح البُعد الثالث . بمعنى أنها تشرح تضاريس المنطقة من خلال خطوط تسمى الخطوط الكونتورية (Contour Lines) أو خطوط الأبعاد . معنى

ذلك أن الخرائط الطبوغرافية تقدم قيم الارتفاع لأى نقطة على الخريطة ، وتتيح الفرصة لتحديد شدة الانحدارات وقيم الأبعاد ، ما بين مختلف النقاط ، ومواقع العديد من العلامات ، سواء كانت طبيعية ، أو من صنع البشر ، وهى أيضا وفى بعض الحالات ، تحديد لموقع الشخص ذاته . ومن السير الحصول على الخرائط الطبوغرافية من بعض المكتبات أو من هيئة المساحة العامة بالدقى - القاهرة أو المساحة الجيولوجية والمشروعات التعميدية ، بطريق صلاح سالم بالمباسة بالقاهرة . وابتداء ، يجب تحديد مقياس الرسم لما مستخدمه من خرائط . وقد يعطى مقياس الرسم خطياً ، أو نسبياً رقمياً ، فى وسط أسفل الخريطة أو أعلاها . فإذا كان المقياس ١ : ١٠٠٠,٠٠٠ فهذا معناه أن كل وحدة قياس - ولتكن السنتيمتر - على الخريطة ، تساوى مليون مثل لها على سطح الأرض . وتسجل قيم خطوط الطول وخطوط العرض على جانبي الخريطة . وترسم كل الخرائط واتجاه الشمال فى أعلاها ، بينما يجب أن يسجل اسم الخريطة والمساحة التى تغطيها - والى يجب أن تكون مربعة بشكل عام - فى الجانب العلوى إلى اليسار ، كما تقدم المسيمات للملحة على طول جوانب وزوايا الخريطة . وتستلزم قراءة الخرائط دربة عملية ، وقدرة على التخيل . فالبيد الثالث (الذى يمثل التضاريس) يعبر عنه بالخطوط الكونتورية . وعند استخدام الخريطة الطبوغرافية ، عليك أن تستحضر إلى ذهنك ، أن ما تنتظر إليه ، إنما هو المظهر الخارجى الذى سوف تراه بعين طائر ، إذا ما طرت فوق المنطقة . ومن ثم ، فإن ترتيب وتباينات خطوط الكونتور ، يجب أن ترجع فى الذهن إلى الآن :

هل ما يرى هو تل أو جبل أو وادى أو منحدر ، وعر أم سهل .. الخ ؟ .

ماهى خطوط الكونتور وكيف تستخدم لتجسم الجعد الثالث ؟

خطوط الأبعاد (الكونتور) هى ببساطة ، خطوط عُمِلت بتوصيل نقاط لها ذات الارتفاع عن سطح البحر . وهى تتميز بميزات ، ومنها التمرج أو عدمه ، ومنها عدم التقاطع (إلا فى حالات نادرة) ومنها أن يكون لها أشكال متعددة وارتفاعات متباينة . وأن تبدو متباعدة أحيانا وأخرى متقاربة . ثم إن تلك الخطوط تظهر فى أى جزء من الخريطة ، يفارق كونتورى ثابت لا تتغير قيمته مهما تباعدت أو تقاربت تلك الخطوط ، أو تغيرت أطوال الفواصل الكونتورية . وما أن سطح الأرض غالبا ما يكون غير منتظم

الانحدار ، لذلك فمن المتوقع ألا تتساوى أطوال تلك الفواصل . وربما يسر فهم ذلك الأمر تخيلك لثل متدرج ، من خلال عدة ارتفاعات : الأولى عند مائة قدم وأخرى عند ٢٠٠ قدم وثالثة عند ٣٠٠ قدم وهكذا . لتخيل أننا سنوصل نقاط كل مجموعة على ارتفاع واحد ، بحبل مثلاً ، فما ستره بعين طائر ، هو عبارة عن مجموعة من الخطوط المتمركزة على مسافات فيها بينها . وبنات الطريقة ، فإن تلاً على خريطة طبوغرافية سيكون ممثلاً بعدد من الخطوط المتمركزة ، كل خط فيها تفصله عن غيره مائة قدم ارتفاعاً أو هبوطاً عن تاليه . وإذا ما كان الانحدار على أحد جانبي التل شديداً ، وعلى الجانب الآخر هيناً ، فليسوف تكون الخطوط على الجانب الأشد انحداراً متقاربة فيما بينها المسافات ، بينما تكون الخطوط على الجانب الآخر كثيرة فيما بينها المسافات . أي أن الخطوط الكونتورية في الحالة الأولى تكون أكثر كثافة . وتلك حقيقة ، لأنك على الجانب الأشد انحداراً ، يلزم أن تقطع مسافة صغيرة لتعملو تهبط عبر مسافة رأسية محددة ، بينما على الجانب ذي الانحدار الهين ، يكون عليك أن تقطع مسافة أطول لكي تعبر ذات المسافة الرأسية بين ارتفاعين محددين في الحالتين . صورة أخرى قد تقرب إلى الذهن منطوق الخطوط الكونتورية . . لتخيل معاً ، أننا ننظر بعين طائر إلى منطقة شاطئية لبحيرة كبيرة ، تغذيها الأمطار هاطلة في دوام ، ثم أمرت السماء أن تقطع ، وغيض ماء البحيرة شيئاً فشيئاً لينخفض المنسوب يوماً بعد يوم . وهي والحال كذلك ، يتغير فيها منسوب المياه من مكان إلى مكان ، فينشأ مع كل يوم مستوى شاطيء جديد . . وبعد أن تبلغ الأرض كل الماء ، سيكون هناك لا شك ، تشكيلات شاطئية تعود إلى الأذهان ، ما كانت عليه البحيرة عند تمام امتلائها بالماء . تلك الخطوط التي تمثل التكوينات الشاطئية المختلفة ، هي في الواقع خطوط كونتورية طبيعية . وبشكل عام ، فإن كل خامس خط كونتوري ، يجب أن يرسم بخط بارز عن غيره ، وتكتب عليه قيمته ، وأما المسافات البينية الكونتورية ، وهي الاختلافات في قيم الارتفاعات فيما بين متتاليات الخطوط ، فهي عادة تسجل تحت مقياس رسم الخريطة . فمسافة بينة قيمتها مثلاً عشرة أقدام ، تعني أن كل خط كونتوري يمثل زيادة أو نقصان في الارتفاعات ، قيمتها عشرة أقدام عن قيمة خط يعلوه أو يسفله . وعادة تُعطى على الخريطة كذلك نقاط المثلثات - وهي النقاط التي تكون ارتفاعاتها محددة بدقة من قبل . ويبين الشكل ، رسماً لمنطقة ما بجوار خريطة طبوغرافية لها . وتستطيع أن تتبين منه أنه كلما كانت الانحدارات شديدة ، كلما تقاربت أكثر وأكثر الخطوط الكونتورية من بعضها

البعض . وعلى العكس كلما كانت الانحدارات هينة ، كانت الخطوط متباعدة . كذلك تظهر أودية الأنهار بخطوط تأخذ شكل الرقم (٧) فإن حبروها لتلك الأودية ، وتشير قاعدة الرقم دائما إلى منبع النهر .

كان ذلك بالنسبة للمظهر العام للمنطقة التي ندرسها ، وكذا تبيان ارتفاعاتها المختلفة . أما بالنسبة لانحدار سطح الأرض فهو يقاس عادة عند نقطة معينة ، بتقدير قيمة الزاوية المحصورة بين مستوى سطح الأرض ، والمستوى الأفقى القاطع له عند تلك النقطة . هذا بخلاف معدل التغير في انحدار سطح الأرض بين أى نقطتين على سطح الخريطة الكونتورية ، والذي تقدر قيمته العديدة بإيجاد النسبة بين الفرق في ارتفاع سطح الأرض بين هاتين النقطتين ، والمسافة الأفقية بينهما ، أخذين في الاعتبار مقياس الرسم الذى استخدم فى أعداد تلك الخريطة الكونتورية . فمثلا إذا كان هذا الفرق فى ارتفاع سطح الأرض بين أى نقطتين هو ٥٠٠ متر مثلا ، وكانت المسافة الأفقية المقاسة على الخريطة بينهما ، هى أربعة سنتيمترات ، وكان مقياس الرسم هو واحد سنتيمتر لكل عشرة كيلومترات . . فإن معدل التغير فى انحدار سطح الأرض ، بين النقطتين يكون مساوياً ٠,٠١٢٥ من المتر لكل واحد كيلومتر ، أى أن :

$$٠,٠١٢٥ = \frac{١ \text{ سم}}{١٠ \text{ كم}} \times \frac{٥٠٠}{٤ \text{ سم}}$$

ومنه يتضح أنه يمكن إيجاد قيمة أى من انحدار سطح الأرض عند نقطة ما ، أو ، معدل التغير فى ذاك الانحدار بمعلومية أحدهما ، إذ أن معدل التغير فى الانحدار ، هو فى نفس الوقت ظل زاوية الانحدار . وبذلك يمكن عمل مقاطع أو بروفيلات طبوغرافية معينة ، توضح طبيعة وشكل سطح الأرض فى اتجاه معين عبر الخريطة . وبهذا الشكل ، وبقليل من الخبرة ، لن يقابل المدارس بمشاكل من أى نوع . فى قراءة أو استنتاج الخرائط الطبوغرافية ، ومن بعدها ، ينطلق إلى تحديد الأماكن وإثبات مواقع جمع العينات على الخريطة . ويتم ذلك عادة ، ربما باستخدام خطوط الطول وخطوط العرض . فخطوط الطول تجرى على سطح الأرض من الشمال إلى الجنوب ، والخط الرئيسى فيها هو خط جريتش (انجلترا) . هذا بينما توازيات خطوط العرض تجرى من الشرق إلى الغرب ، وتقسم سطح الأرض إلى قطع تقاس إلى شمال أو جنوب خط

الاستواء . وتنقسم كل درجة من درجات الطول والعرض إلى ستين ثانية . من هنا ، فإنه باستخدام مقياس رسم ، يستطيع الدارس أن يوقع الأشياء والأماكن بدقة على خريطة بمجرد تحديد الموقع بالنسبة لتقاطع خطوط الطول وخطوط العرض بالقرب من مكانه ، كأن نقول مثلا أن مدينة القاهرة تقع عند تقاطع خط طول ٣٠° ١٠' وخط عرض ٣٠° ١٠' تقريباً .

الخريطة الجيولوجية :

وهي في واقع الأمر خريطة طبوغرافية ، موضح عليها مكاشف الصخور التي تظهر على سطح الأرض في منطقة معينة . وحيث أن كل طبقة صخرية تُحدد عادة بخطى تلاصق يفصلها عن طبقة سواها ، فإنه بالبديهة لابد أن تشتمل الخريطة الجيولوجية على عدد من الخطوط التلاصقية للطبقات الصخرية الموجودة بالمنطقة المثلة بتلك الخريطة ، وأن يكون عند تلك الخطوط زائداً عن عدد الطبقات بواحد . أى أن منكشف ثلاثة أنواع من الصخور مثلا ، يكون عند خطوط تلاصقاتها على الخريطة الجيولوجية أربعة ، ولابد للخريطة الجيولوجية من أن تشتمل على :

- ١ - خطوط تلاصق الطبقات .
- ٢ - رموز ميل الطبقات ومقاديرها ، وهي تشير إلى ميل الطبقة على الخريطة وكذلك ميلها عن المستوى الأفقى .
- ٣ - رموز الامتداد الجغرافى لكل طبقة (المضرب) والى تشير إلى الاتجاه الجغرافى .
- ٤ - رموز توضح الخصائص الكونيتوتية أو البتائية للصخور .
- ٥ - الدليل الجيولوجى ، والعمود الطباقى للمنطقة ، بما فى ذلك الطبقة الصخرية المرشدة .

٦ - القطاع (البروفيل) الجيولوجى لمعرفة نوعية التراكيب الجيولوجية فى اتجاه معين وسلك الطبقات . وإذا ما اكتملت الخريطة الجيولوجية بكل تلك المقومات ، اكتسبت أهمية كبرى ، إذ هى - أولا : تعتبر إحدى الوسائل الهامة التى يمكن بواسطتها

أن يتعرف الدارس على التراكيب الجيولوجية التي تشكلها وتشكل منها صخور منطقة معينة . وهي - ثانياً - يمكن الاعتماد عليها في قراءة الأحداث ، والتاريخ الجيولوجي للمنطقة . هذا ، ونجد الإشارة هنا ، إلى أن الأدوات اللازمة للدراسة وقراءة الخرائط الجيولوجية هي : مسطرة دقيقة للتدريج ، مثلث ٤٥° ، ٦٠° ، مبراة ، ممحاة ، منقلة ، أقلام رصاص ، أقلام تلوين ، ورق مربعات وشفاف ، وأخيراً جدول ظلال . وفي الشكل الخصائص الكونتورية أو البنائية وما تعبر عنه وكيفية ظهورها على الخريطة الجيولوجية .



الباب السادس

جداول التعرف على المعادن والصخور

أولاً - كيف تستخدم جداول التعرف على المعادن ؟

إنه لحسن استخدام جداول التعرف على المعادن ، يُقترح ما يلي :

١ - حدد إذا ما كان للمعدن بريق معدني أو بريق لا معدني . ويجدر هنا أن نذكر أن القواميس تورد كلمة (Lustre or Luster) بمعنى اللمعان أو التألّق ، أو التلألؤ أو اللماع أو البراق أو الرونق أو البهاء ، وأما (Metal) فهو الفلز ، وأما (Nonmetal) فهو اللا فلز ، ويتميز هذا عن ذاك بصفات كثيرة معروفة، منها قابلية الأول للطرق والسحب وتوصيله للحرارة والكهرباء . وهناك أشباه المعادن (Metalloid) وهي أولا مواد لها مظهر الفلزات ، وهي ثانيا تطلق على بعض العناصر مثل الحارصين والانتيمون ، وتشارك في خواص الفلزات واللافلزات ، وهي ثالثا قد تكون فلزية بمعنى أنها ليست فلزات

فالنظم البلورية المختلفة ، تقوم على تصنيف الأشكال البلورية أو الهياكل البلورية المختلفة إلى عدة فصائل تتميز على أساسها المعادن ، إلى متبلورة وغير متبلورة ابتداء . . حيث أن المعدن هو كل مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية ، لها تركيب كيميائي محدد ونظام بلورى مميز . . فالتبلور في حد ذاته أقرب أن يكون صورة من صور ميل الطبيعة للنظام والتناسق دون اعتباطية أو عشوائية . فالبلورة جسم صلب متجانس محده أسطح مستوية هي أوجه البلورات ، وهي تكونت بفعل عوامل طبيعية ، تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة . . ولما اختلفت ، لاختلف البناء ، تماماً كما حال الجنين في رحم أمه . . الأوجه البلورية إذن هي في حقيقة الأمر ، تعبير عن الترتيب الذرى الداخلى أو هي تعبير عن وحدات البناء ، وكيف تراصت داخل البناء الهندسى المنتظم ، الذى يجب أن تنضبط من حوله ظروف الحرارة والضغط ليولد غير مشوه . وحدات البناء تلك والبنية لبلورة المعدن ، هي ذرات أو أيونات عنصرية ، بمعنى أنه لا يمكن تحليلها إلى أبسط منها ، فهي أبسط ما عُرف حتى اليوم ، والمترتبة ترتيباً هندسياً دقيقاً ورائعاً ، إن هرب من شيء ، فإنما هي قدرة الخالق المبدع والمنظم لكل شيء بقدر . والبلورات قد تكون عنصرية ، بمعنى تركيبها جميعاً من نوعية ذرة واحدة ، وقد تكون مركبة بمعنى اختلاف وحدات البناء فيها ، تضمها إلى بعضها البعض ، روابط كهربية كيميائية ، كما يفعل الملائم بوحدات البناء في قصر منيف أو دار هزيلة . شكل البناء نهاية - هو هنا البلورة - يتوقف على اتجاه تراص صفوف الوحدات ، ثم ما بين تلك الصفوف من زوايا وأخيراً البعد بين كل وحدة بنائية وتالياتها . . أليس ذلك ما يحدد كل بناء ؟ الذى يكرر أو ينمو في الاتجاهات الثلاثة . . سيتج عن ذلك لا شك أنه إذا كانت وحدات البناء متساوية الأبعاد عن بعضها في الاتجاهات الثلاثة ، وفي الجهات متعامدة على بعضها ، أن تتكون أبنية - بلورات - متساوية الأبعاد أو مكعبة . أما إذا كانت الوحدات غير متساوية الأبعاد عن بعضها في جميع الاتجاهات ولكن الجهات صفوفها متعامدة ، نشأت هندلة بلورات معينة الشكل ، وهكذا . . حصيلة تلك التوزيعات تُعطى قرابة ستة فصول متميزة تلك هي :

١ - فصيلة أو نظام المكعب المتساوى الأبعاد (Isometric or Cubic system) ونبه تتكون بلورات تتساوى في كل منها أطوال محاورها البلورية الثلاثة ، وتعتمد بعضها على بعض ، حيث تتقاطع بزوايا قائمة وفي كل بلورة أكثر من محور .

٢- فصيلة أو نظام الرباعي (Tetragonal system) وفيه تتكون بلورات بتساوى في كل منها محوران بلوريان ، وتتعامل المحاور الثلاثة ، وبها محور واحد رباعي التماثل وهو الرأسي (ج) .

٣- فصيلة أو نظام السداسي (Hexagonal system) وفيه تتكون بلورات لها أربعة محاور ، ثلاثة منها أفقية متساوية يرمز لها (١ ، ١ ، ١) تقاطع بزوايا 120° ، والمحور الرابع (ج) رأسي سداسي التماثل .

٤- فصيلة أو نظام المعيني (Orthorhombic system) وفيه تتكون بلورات لكل منها ثلاثة محاور مختلف أطوالها ، وتعتمد بعضها على بعض وتحتوى أكثر من محور ثنائي التماثل (ثلاثة في العادة) .

٥- فصيلة أو نظام أحادي الميل (Monoclinic system) وفيه تتكون بلورات مختلف في كل منها أطوال المحاور ، وتعتمد المحوران (ب ، ج) ، وعمل المحور (أ) على مستواهما معاً ، وتحتوى كل بلورة على محور واحد ثنائي التماثل (ج) .

٦- فصيلة أو نظام ثلاثي الميل (Triclinic system) وهو نظام به طاقتان من البلورات مختلف من حيث أطوالها والزوايا التي بينها ، وليس فيها من عناصر التماثل إلا المركز .. وقد نعلم ..

يتبقى من الخواص الواردة في الجداول والمحددة للمعادن ، فلزية ولا فلزية ، خاصية الكثافة النوعية (Specific gravity) . والكثافة النوعية أو الوزن النوعي هو نسبة وزن حجم معين من مادة إلى وزن نفس الحجم من الماء عند درجة 4° درجة مئوية . وبعبارة أخرى ، هو نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء . ويُعد الوزن النوعي من الصفات والخواص المميزة للمعدن ، إذ أنه ثابت القيمة للمعدن الواحد عند ثابت درجة الحرارة وثبات التركيب الكيميائي له . وقد يتضح للفاحص الملتق أن الوزن النوعي للذرات المعدن والأيونات المكونة له ، كذا قرب تراصها في التركيب البلوري ، هما الأساس في قيمة الوزن النوعي . فالوزن النوعي للماس أكبر بكثير منه للجرافيت ، مع أن كليهما يتكون من عنصر الكربون ، لماذا ؟ لأن ذرات الكربون في الماس متراسة إلى جانب بعضها رصاً محكمًا في نظام مكعبى ، أما الجرافيت ، فلذرات الكربون فيه أكثر تباعدًا عن بعضها ومتراسة بطريقة تعطيه النظام السداسي .

والآن إلى الجداول ..

معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة الوزنية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	المعدن	أ	ب	ج	د
معتم إلى رصاصي ، حكاكة خضراء على الحزب وزرقاء مسودة على الورق ، صفاحي ، يتشقق كتلياً ، يتكسر إلى حامض التزيك ، معدن مساعد في صخور الجرانيت والجنيثايت وفي المروقي وفي الصخور المتحول حرارياً .	٤,٦٢ ٤,٧٣	سداسي	موليبدينايت Molybdenite (MoS ₂)	١, — ١, ٥				x
معتم ، حكاكة سوداء ، يتشقق في اتجاه واحد جيد إلى صفائح غير مرنة ، يوجد في الصخور الكربونية المتحول .	٢, ٠٩ ٢, ٢٣	سداسي	جراليت Graphite (C)	١ ٢, —	x			x
حبيبي ، صفاحي ، راتنجي ، يتشقق في اتجاه واحد ، يتكون في عروق منخفضة حرارة التكوين ، يعتبر ناتج من نواتج التغير .	٣, ٤٩	أحادي الميل	أوريمنت Orpiment (As ₂ S ₃)	١, ٥ ٢, —	x	x		
يتلون باللون قوس قزح ، حكاكة رمانية اللون ، تشقق في اتجاه واحد إلى صفائح لينة ، ناتج تغير كبريتيدات النحاس .	٤, ٦٠ ٤, ٧٦	سداسي	كوفيللايت Covellite (CuS)	١, ٥ ٢, —	x	x	x	
معتم ، رصاصي اللون .	٤, ٦١ ٤, ٦٥	معيني	ستينايت Stibnite (Sb ₂ S ₃)	٢, —				x

د = أزرق / قرمزي

ج = أصفر / انضر

ب = أحمر / برتقالي

أ = رملي / أسود

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلادة	أ	ب	ج	د
حكاكة قرمزية اللون ، لون الماس العكر ، يوجد بالقرب من البراكين أو على شكل عروق ناتجة عن المحاليل المائية الساخنة .	8,09	سداسي	سنيابر Cinnabar (HgS)	2, — 2, 5			x	x
محم ، ليلي أو غطلي المظهر ، أو حبيبي ، له تشقق خروطي ، يشيع تواجده في رواسب المتجيز التي تتكون في الساعات أو المستنقعات القلوية .	4, 40 5, 08	رباعي	بيرولوسايت Pyrolusite (MnO ₂)	2, — 6, 5				x
محم ، كتلي ، حارلي أو صخالي ، سهل القطع أو الفصل ، قابل للذوبان في حامض النتريك ، الطبقات الغنية بالمعدن عادة تملو الرواسب الكبريتيدية .	5, 50 5, 80	معيني	كالكوسايت Chalcocite (Cu ₂ S)	2, 5 6, 5				x
محم ، رملي رصاصي ، مكعب كتلي ، له تشقق مكعبي جيد ، يتكسر في حامض النتريك ، يوجد في عروق الكبريتيدات .	7, 57 7, 59	مكعبي	جالينا Galena (PbS)	2, 5 3, —				x
محم ، بلورات متفرعة ، قابل للطرق والسحب ، يذوب في حامض النتريك ، يوجد في العروق البازلتية البركانية .	8, 94	مكعبي	نحاس Copper (Cu)	2, 5 3, —			x	
محم ، يتغطى بطبقة رمادية إلى سوداء اللون ، يوجد في تكوينات عرقية مستطيلة قابل للطرق والسحب ، يذوب في حامض النتريك .	10, 50	مكعبي	فضة Silver (Ag)	2, 5 3, —				x

1 = رملي / اسود ب = احمر / برتقالي ج = اصفر / اخضر د = أزرق / قرمزي

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	د	ج	ب	أ
معتم ، بلورات متفرعة ، يوجد في شكل لغظات (وهي قطع من الذهب ملء الكف أو أكبر تسمى لفظة) قابل للطرق والسحب ، يتكون في شكل حروق أو في رواسب البرقة Flacors (وهي رواسب متجمعة ميكانيكية بالقليل بللماء من مواد مفتقة تحترق حل معدن أو أكثر من المعادن ذات القيمة ، والمقاومة لحوادث التآكل) .	١٩,٣١	مكعب	ذهب Gold (Au)	٢,٥ ٣, -		x		
معتم ، صفائح ، كتل ، حبيبي أو غشائي السطح مركزي ، حل شكل منشور ، له ثلاثة تشققات جيدة وتشقق رابع للغير ، بلوي في الله للملكي ، يوجد في المروق للمصنعة المتكونة في درجات حرارة معتدلة إلى منخفضة ، وكذا في الرواسب الكيميائية الإحلالية .	٤,٤٠ ٤,٥٠	مكعب	إنتراجنيت Enargite ($\text{Cu}_3\text{As}_2\text{S}_6$)	٣				x
معتم ، يكون عادة مغلف بمادة قرمزية إلى قرمزية اللون ، له غشش رمادي مسود ، ويكون عادة في هيئة كتلية . قابل للذوبان في حامض النتريك ، يوجد في رواسب النحاس .	٥,٠٦ ٥,٠٨	مكعب	بورنايت Bornite (Cu_5FeS_4)	٣	x	x	x	
مسم ، له صبرة النحاس الموزنية ، له غشش حبيبي مسود ، بلوراته شعيرية (كالشعرة) يتكون في الكهوف عند درجات حرارة منخفضة .	٥,٣٠ ٥,٧٠	سداسي	ميليرايت Millerite (NiS)	٣, - ٣,٥	x			

د = أزرق / قزمي

ج = أصفر / اخضر

ب = أحمر / برتقالي

أ = رمادي / أسود

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د
أخف وأكثر ليونة من معدن تيتراهدرايت .	٤,٦٢	مكعب	تيتانتايت Tennantite (Cu,Fe) ₁₂ As ₄ S ₁₃	٣ ٤,٥				
أحد معادن سلسلة تتراهدرايت - تيتانتايت ، يتكون من كميات النحاس والزرنيخ مع زيادة نسبة الأنتيمون على الزرنيخ فيه ، وأحياناً تحمل عنصر الفضة أو الزنك أو الحديد أو الزئبق على عنصر النحاس ، ويعد ركائزاً هاماً من ركازات النحاس والفضة ، كتل ، يتكسر بقطع التثريب ، يوجد في شكل عروق . عينة أصلد من معدن تيتانتايت .	٤,٩٩	مكعب	تيتراهدرايت Tetrahedrite (Cu,Fe) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	٣, — ٤,٥		×	×	
دايتنجي (الدايتنج هو إرراز أشجار صمغ القوام لا يذوب في الماء) . تكثر في بلوراته الأوجه للقوس ، يصف أو يستمع بلون برتقالي . يستعمل بالاحتكاك (وهي خاصية انبعاث شحنات كهربائية بالاحتكاك أو بالخشش) .	٣,٩٠ ٤,١٠	مكعب	سفاليرايت Sphalerite (Zn,Fe) S	٣,٥ ٤, —	×	×	×	
معدن يتغير بغطاء قزحي اللون له صفة النحاس له خشن أسود محب يذوب في حمض النتريك يتكون في العروق متوسطة إلى عالية الحرارة .	٤,١٠ ٤,٣٠	رباعي	كالكوپيرايت Chalcopyrite Cu Fe S ₂	٣,٥ ٤, —		×	×	

١ = رمادي / أسود ٢ = أحمر / برتقالي ٣ = أصفر / أخضر ٤ = أزرق / قرمزي

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د
يتكون في أشكال مشعة الأوجه ، كتل ، ويشيع تواجده في المناطق المؤكسدة من رواسب النحاس .	٦,١٤	مكعب	كوبريت Cuprite Cu_2O	٣,٥ ٤,—		x	x	
معظم ، ينطق بطبقة يروزية ، كتل ، له خاصية مغناطيسية ، يتكسر بحلقات الاهيدروكلوريك ، يتواجد في صخور البازلت وعروق الكبريت .	٤,٥٨ ٤,٧٩	سداسي	بيرهوتيت Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$	٣,٥	x	x		
شبه فلزي (يريق فلزي غير مكتمل) ، له قشور بني حممر ، يتكون حل شكل منشورات خُلْعة ، له ثلاثة تشققات ، يذوب في حامض الاهدروكلوريك ، يتكون في العروق منخفضة حرارة التكوين .	٤,٣٢ ٤,٣٤	أحادي البل	مانجانيات Manganite $MnO(OH)$	٤,—				x
شبه فلزي ، قشور الغطاء ، منشوري خُدْش الأوجه ، يتكون في بلورات جماعية متوازنة ، له تشقق واحد ، يتكسر في الماء الملكي ، أو حامض الكبريتيك أو يطفئ في حمض الاهدروكلوريك ، يتكون في عروق متشعبة ويكحول الحمازى ، وكذلك في رواسب البرقة Placers .	٧,١٧	أحادي البل	هينرابت Hübnerite $MnWO_4$	٤,—	x	x		
شبه فلزي ، قشور الغطاء ، منشوري خُدْش الأوجه ، أو كتل عجب ، له تشقق واحد . يتكسر في الماء الملكي . أو حامض الكبريتيك	٧,٣١	أحادي البل	ولفراميت Wolframite $(Fe,Mn)WO_4$	٤,— ٤,٥٠				x

١ = رمادي / أسود ب = أحمري / برتقالي ج = أحمر / أخضر د = أزرق / قرمزي

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	المعدن	أ	ب	ج	د
أوبسك في حاضن الأندروكلوريك ، يوجد في عروق متشعبة أو في مناطق التحول الحراري أو في رواسب البرقة .	١٩,٠	مكعب	بلاتين Platinum (Pt)	٤,٠ ٤,٥				×
محم ، قابل للطرق والسحب ، يتكون في شكل حبيبات أو حراشيف (Scales) في الصخور النارية فوق القاعدية ، وفي رواسب البرقة .	٣,٣٠ ٤,٢٩	مخروطي	جوليت Goethite α-Fe (HO) O	٥,٠ ٥,٥	×	×	×	
شبه فلزي . له خدش أصفر اللون ، كحل ، ليفي . الخ ، حريري ، رابتنجي ، يذوب في حمض الأندروكلوريك ، من نواتج عوامل التحمية .	٧,٧٨	سداسي	نيكلين Nickeline Ni As	٥,٠ ٥,٥				×
محم ، ينغلى عادة بطبقة يتجدد لونها ما بين الرمادي وحمرة النحاس الباهتة ، له خدش مائل إلى اللون البني ، يذوب في الماء الملكي ، ويتواجد في عروق الكبريت والزرنيخ .	٣,٣٠ ٣,٤٥	مخروطي	برونزايت Bronzite (Mg-Fe) ₂ Si ₂ O ₆	٥,٠ ٦,٠	×	×		

١ = رمادي / اسود ب = أحمر / برتقال ج = أصفر / أخضر د = أزرق / قزمزي

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة الترابية	النحل البوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د
شبه فلزي ، معتم ، صفاحي ، يتواجد في شكل حروق أو حل شكل رواسب منتشرة متقاطعة مع صخور الجايرو والديوريت .	٤,٦٨ ٤,٧٦	سداسي	إيميتات Ilmenite $Fe Ti O_2$	٥, — ٦, —				x
له برين معدني لونه ، له خشن أو حكاكة لونها أحر ، صفاحي ، عيب ، يذوب في حمض الأيدروكلوريك ، يوجد في تكوينات رسوبية حديثة وينشر تواجد له في حروق .	٥,٢٦	سداسي	هيماتيت Hematite $alpha Fe_2 O_3$	٥, — ٦, —		x		
شبه فلزي معتم ، ينشر تواجد له في شكل ثياب الاصلاخ ولقد يتكون بشكل كلوي (البثبلاند) .. الخ كتل ، له برين شمسي داكن ، مشع ، يتواجد في صخور الجرانيت وفي المروق عالية الحرارة التكوين إلى متوسطتها .	١٠,٦٣	مكعب	يورانيات Uraninite UO_2	٥, — ٦, —		x	x	
شبه فلزي ، كتل ، شمسي ، له خاصية مغناطيسية ضعيفة ، يتواجد في الصخور الغنية بحديد الأوليفين ، والتي يكون غالباً له تحول إلى سريتنين .	٤,٥٠ ٤,٨٠	مكعب	كروميت Chromite $Fe Cr_2 O_4$	٥, ٥			x	
معتم ، لونه أبيض لافى عسر ، لو قد يكون في رملية الصلب الضارب إلى البشجي ، يشبه معدن البايريت في هيئته ، له تشقق مكعب ، يتكسر في حبيبات التروك ، يتواجد منتشرة في رواسب للمحلول المائية عالية الحرارة ، وكذا في المروق .	٦,٣٣	مكعب	كوباليت Cobaltite $Co As S$	٥, ٥	x	x	x	
شبه فلزي ، له خشن أصفر باهت ، هرمي حاد ، راتنجي ، له تشقق هرمي وقاعدي ، يصعد بالتسخين إلى معدن روتيل . يتواجد	٣,٩٠	رباعي	أناتاز Anatase $Ti O_2$	٥, ٥ ٦, —	x			

د = أزرق / قزمي

ج = أصفر / اخضر

ب = أحر / برتقالي

أ = رملي / اسود

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	د	ج	ب	أ
في العروق أو كمعدن إضافي في الصخور النارية (المعادن الإضافية هي التي تتواجد في الصخور بكميات ضئيلة ، وهي قليلة الأهمية من حيث تركيب الصخر بالنسبة لمعادنه الأساسية حتى أن وجودها أو غيابها لا يؤثر في تصنيف الصخر أو تصنيفه) . كذلك يتواجد للمعدن في الرسوبيات المحتاجة أو الثنائية (وهي التي تتكون من كسرات الصخور) .								
متم ، له لون في ينافس الفضة أو في رمادية الصلب ، منشوري ، ينكسر في حامض التريك ، واسع الانتشار في رواسب الحفلات وصخور البهجة ثابت .	٦,٥٥ ٦,٨٥	أحادى البلل	أرزنوبيريت Arsenopyrite Fe. As. S	٥,٥ ٦,٠		x		x
شبه فلزي ، له حكاكة سواه ، مشمن الامتلاص ، حبيبي يتجزأ لثباتاً ، يذوب بصعوبة في حامض الأيدروكلوريك يتميز بقوة مخاطبة . واسع الانتشار .	٥,١٨	مكعبى	ماجنتايت Magnetite Fe. Fe ₂ O ₄	٥,٥ ٦,٥			x	
شبه فلزي ، يتكون في سلسلة مع معدن تنتلايت ، له خدش يتعد لونه ما بين الأحمر والأسود ، ويصطب بظلاء زخمي اللون ، صفائحي ، منشوري ، له تشققان ، هش ، يتواجد في صخور البهجة ثابت الجرانيتية .	٥,١٥ ٥,٢٥	محفى	كولمبيت Columbite (Fe-Mn)Nb ₂ O ₆	٦,٠		x	x	
شبه فلزي ، منشوري خشن ، راتنجي ، له تشقق قنير ، يتواجد في العروق ، وكمعدن إضافي في الصخور النارية والمتحولة .	٤,٥١ ٤,٢٥	رياحي	روتايل Rutile Ti O ₂	٦,٠ ٦,٥	x	x	x	x

أ = رمادي / أسود ب = أحمر / برتقالي ج = أصفر / انضغبي د = أزرق / قرمزي

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الملاحة	ا	ب	ج	د
معتم ، في بياض القصدير ، أو صُلرة البيوتز ، صفائح ، يتكون في أشكال تشبه حرف النيك ، ويتواجد في الرواسب الحامضية منخفضة حرارة التكوين .	٤,٨٩	معيني	ملوكنايت Marcasite FeS_2	٦, — ٦, ٥	x			
معتم ، في صفرة النحاس ، يتكون على هيئة مكعبات أو ذوات الأثني عشر وجهها ، كتل غير متفرقة ، يلوّث حين سحق في حامض النتريك ، واسع الانتشار .	٤,٨٢ ٥, ٠٢	مكعبى	بايرايت Pyrite FeS_2	٦, — ٦, ٥	x			
شبه فلزي ، يتكون في سلسلة مع معدن كوباليت ، ويتواجد في صخور البجهائيات .	٧, ٩٠ ٨, —	معيني	تنتاليت Tantalite $(Fe, Mn) Ta_2O_6$	٦, — ٦, ٥		x		
شبه فلزي ، يتكون على شكل كتل متجمعة شماعية ، له بريق راتنجي معتم ، يوجد في عروق المعادن المتكونة في حرارة عالية وكذلك في الجبرسن (greisen) وهو ناتج عملية تغيرية في الصخور تسمى الجرسنة (germination) والتي تتم بفعل المحاليل المالحة الحارة المحملة بمخثر بعضها على الصخور التي تتدخل إليها تلك المحاليل أو الغلزات المتبقية من المراحل الأسمية لتطور الصهارة .	٦, ٩٩	رياحى	كاسترنايت Cassiterite SnO_2	٦, — ٧, —	x	x	x	

د = أزرق / غرمزي

ج = اصفر / انتضر

ب = زهر / برتقالي

ا = رمادي / اسود

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتكوين الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د
وزني ، كتل ، له تشقق قاعدي ، قابل للفصل والقطع ، له ملمس صابون ، لؤلؤي ، يتواجد في صخور الشيست والصخور النارية المتحول .	٢,٥٨ ٢,٨٣	أحادي للبل	تلق Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	١	×	×	×	×
بروزي ، ميكالي (أي يتفصل بسهولة إلى صفائح رقيقة مرنة) ، كذلك يتصلح مع ارتفاع الحرارة ، يتأثر بالأحماض مع وجود متبقيات سيليكية . ينتج عن تغير البايوتايت . قد يتكون من تأثير المرحلة المائية الحرارية ، أو كتائج من تواجج عمليات التجوية .	٢,٢٠ ٢,٤٠	أحادي للبل	فيرميكلولايت Vermiculite $(Mg,Fe,Al)_2(Al,Si)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$	١, — ٢, —	×	×	×	×
صفائح غير منتظمة أو سداسية الشكل (الطين المتضغ الناعم) . ينتج عن تغير الصخور الغنية بالمغنسيوم والكالسيوم والفوسفية في البوتاسيوم (ظروف قلوية) وكلها الترويت والبتيوتايت وغيرها .	٢,٧٠ ٢,٧٠	أحادي للبل	مونتوريونولوتايت Montmorillonite $(Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	١, — ٢, —	×	×	×	×
يوجد في هيئة رقائعية أو صفلاحية ، يشقق إلى صفائح غير مرنة ، ينكسر جزئياً في حمضي الكبريتيك . يتواجد في المروقي ، ولابليل في صخور الشيست .	٢,٦٥ ٢,٩٠	أحادي للبل	بيروفيللايت Pyrophyllite $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$	١, — ٢, —	×	×	×	×
الطين هذا ، اسم أعطى للعديد من سيليكات الأنتيم مع الفلويات أو الفلويات الأرضية ، في وجود أو عدم وجود عنصرى الماغنسيوم أو الحديد . والمسببات هنا لم يستقر الرأي عليها بعد . وغالبيتها تصرف بوسائل جهرية . فالتجمعات دقيقة الحبيبات المشاكسة أو التي بالكاد تتشاكس في لينة وهي مبللة ،	١,٨٥ ٣, —	أحادي للبل	طين Clay سيليكات الأنتيم المائية المعقدة .	١, — ٣, —	×	×	×	×

أ = رمادي / أسود ب = أحمر / برتقال ج = أصفر / اخضر د = أزرق / قرمزي

معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلابة	أ	ب	ج	د	هـ
والى تفقد مياها عند التسخين ، بعضها لها خاصية الانعكاس ، وقد يكون من نواتج عمليات التجوية أو التغير المائى الحرارى ، أو نواتج عن التحلل والتفتت الصخرى أو العمليات الماهمية (Diagenesis).									
يكون سائلا فوق درجة صفر مئوية (٣٢° ف) وتحت درجة مائة مئوية (٢١٢° ف).	٠,٩٢	سداسى	ثلج Ice H_2O	١,٥	×				
يوجد فى أشكال معينة ، مثلها فى الصخور ، له تشقق زجاجى . يتواجد فى التزيت الجفلة فى المناطق الحمية ، وله مذاق التبريد .	٢,٢٤ ٢,٢٩	سداسى	نتراتيت Nitratite $Na NO_3$	١,٥		×	×	×	
له عيشت منشورية أو مستديرة أو كروية ، زجاجى لاتم ، تشقق إلى صفائح لينة ، يسود حين يتعرض للهواء ، يذوب فى الأحماض ، يعتبر معدنا احيائيا متعدد التواجدات .	٢,٦٧ ٢,٦٩	أحادى المائل	فيفانتيت Vivianite $Fe_3 (PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	١,٥ ٢,٠		×			×
يتردد ما بين الأحمر والأصفر إلى الشحمى الراتنجى ، يتكسر بحامض النتريك . يتواجد فى عروق الرصاص والفضة والذهب .		أحادى المائل	ريالجار Realgar As_2S_3	١,٥ ٢,٠		×	×		
لونه لؤلؤى نوحا ما ، وشده رمادى ، له تشقق واحد إلى صفائح لينة . ناتج عن تغير كبريتيدات النحاس .	٤,٦٠ ٤,٧٦	سداسى	كوبيللايت Covellite $Cu S$	١,٥ ٢,٠		×	×		

جـ = احمر / برتقال

ب = أصفر / بلى

أ = أخضر / أزرق / قزمزى

هـ = عليم اللون / أبيض

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د
عاري أو صدقاني ، غير مستو ، هش ، يحترق بلهب أزرق ويعطي رائحة لازعة ، يذوب في كبريتيد الكريون (CS ₂) ، يتواجد عند البراكين ، وكللك الرواسب .	٢,٠٧	معقد	كبريت Sulfur S	١,٥ ٢,٥	×	×		
يوجد حل شكل روابط (وهي أمثلة اسطوانية أو مخروطية من رواسب معدنية تكون في المائدة من الكالسيت أو الأراجونيت ، ويهبط تدريجياً من أسفل للذرات) أو حل شكل قشور ... الخ . زجاجي اللسان ، متشقق ، له مالح معدني حلو ولابيض . يكون مكشفه في الهواء الجاف يحبس اللون ضارب إلى الصفرة أو الغتمة .	١,٨٤ ١,٩٠	أحادي البل	ميلانتريت Melanterite Fe SO ₄ 7H ₂ O	٢, —	×	×	×	×
مكسي حبيبي ، زجاجي ، تشققه مكسي ، طعمه مر لاذع ، يتكون في رواسب المتخففات .	١,٩٨ ٢, —	مكبي	سلفايت Sulvite K Cl	٢, —	×	×	×	×
يتواجد حل شكل قشور أو حبيبات ، زجاجي ، متشقق ، مالح له طعم النتريد ، يتواجد في الكهوف .	٢,١٠ ٢,١١	معقد	نايتر Niter Ka O ₃	٢		×	×	
مكسي حبيبي ، زجاجي ، له تشقق مكسي ، مالح الطعم ، يتواجد في رواسب المتخففات .	٢,١٧	مكبي	هالايت Halite Na Cl	٢	×	×	×	×
صفائحي ، كتل ، شبه زجاجي إلى لؤلؤي ، له ثلاثة تشققات قطعية وآخر لدن وجسيم . يذوب في حامض	٢,١٣ ٢,٣٢	أحادي البل	جيس Gypsum Ca SO ₄ 2H ₂ O	٢	×	×	×	×

د = أزرق / قرمزي

جـ = أصفر / اخضر

ب = أحمر / برتقالي

أ = رمادي / أسود

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

أ	ب	ج	د	الصلابة	الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلوري	الكثافة النوعية	ملاحظات
								الأندروكلوريك . يتكون في رافات رسوبية وحول العيون الساخنة . الخ .
	x	x		٢	جلوكونائيت Glauconite $(K,Na)(Fe,Al)$ $(Mg)(SiAl)_4$ $O_{16}(OH)_2$	أحادي للبل	٢,٤٠ ٢,٩٥	صفائح في شكل حبيبات مستوية ، يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك . يتواجد في الرواسب البحرية على شكل رمال خضراء . يوجد بكثرة مع حديد الوحدات البحرية .
			x	٢, — ٢, ٥	إيسونائيت Epsomite $Mg SO_4 \cdot 7H_2 O$	معيني	١, ٦٨	يتكون على شكل قشور ، زجاجي أرضي ، متشقق ، مر للذائق أو قد يكون مالحاً .
			x	٢, — ٢, ٥	بوراكس Borax $Na_2 B_4 O_7$ $10H_2 O$	أحادي للبل	١, ٧١ ١, ٧٢	يشبه معدن البيروكسين في هيئته البلورية ، أرضي زجاجي ، متشقق ، حلو للذائق ، يذوب في الماء ليعطي محلولاً قلوياً ، يتكون في رواسب البحيرات الملحية .
			x	٢, — ٢, ٥	كاولينيت Kaolinite $Al_2 Si_2 O_5$ $(OH)_4$	x للبل	٢, ٦٠ ٢, ٦٨	نتائج تغير الفلسبارات في ظروف حامضية ، وقد يتكون كذلك بالمحاليل المائية الحارة ، أو كتأثير من نواتج عوامل التجوية .
			x	٢, ٥ ٢, ٥	فلوجوبائيت Phlogopite $K Mg_3 Si_3 Al$ $O_{16}(F,OH)_2$	أحادي	٢, ٧٦ ٢, ٩٠	مايكروكسينية ، يتفاعل مع حمض الأندروكلوريك ، يتكون في الأحجار الجبسية المتحولة بالحرارة . كذلك يتواجد في الصخور النارية فوق القاعدية .
			x	٢, — ٢, ٥	أنتونائيت Antunite	رأسي	٣, ١٠ ٣, ٢٠	صفائح شبه متوازية ، متورق في تجمعات قشرية مستنة ، زجاجي لزقي ،

د = أزرق / فزمي

ج = أصفر / انضفر

ب = أحر / يرتقال

أ = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non-metallic Luster)

الملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	المعادن	أ	ب	ج	د	هـ
له تشققان ، يلو ب في الأحماض ، له خاصية الصلف ، أو الاستشعاع باللون الأخضر المصفر ، ينتج عن تغير معادن اليورانيوم في حروق البجعاتيات .			$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2$ $(\text{PO}_4)_2 \cdot 10-12 \text{H}_2\text{O}$						
له حكاكة أو خدش قرمزي ، لون راتنجي متمم ، يتواجد قريباً من البراكين ، وفي الرواسب الطافية من الصهون الساخنة .	٨,٠٩	سلسبي	سينابر Cinnabar Hg S	٢,٠— ٢,٥		x	x	x	
اسم مجموعة معننية لم يستقر الرأي بعد على سميات لفلزية مفرداتها . تتكون في هيئة صفائح متتمة ، لؤلؤية ، تشقق تشققاً واحداً جيداً إلى شرائح لدنة ، تنكسر في حلوش كبريتيك بقل . تتميز من نواتج التغير بالمحاليل المائية الحارارة ، وكذلك التحول منطفض درجة الحرارة . كما تتواجد في الفتاتيات المطبولة .	٣,٦٠ ٣,٣٠	أحادي الحبل	كلوريت Chlorite Mg-Fe hydrous aluminium Silicates	٢,٠— ٣,٠—		x			
يوجد على هيئة مسحوق أو حراشيف أو بلورات دقيقة ، مظهره حجري داكن ، له تشقق واحد ، يلو ب في الأحماض . يعتبر معدناً اضافياً أو ثانوياً في الأحجار الرملية .	٤,١٠	أحادي الحبل	كاربونات Carnotite $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2$ $(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	٢,٠— ٣,٠—		x	x		
اسم لمجموعة معننية غير مكتملة ، تُعرف بعض مفرداتها على أساس اللون . بلوراتها متتمة وتتخذ الشكل السلسبي ، تشقق تشققاً جيداً إلى صفائح لدنة تظهر عليها آثار الضغوط والصدمات . التواجدات الرئيسية للبايكا تتحدد	٢,٤١ ٣,٤١	أحادي الحبل	مايكا Mica سيليكات ألومنيوم مائية معننية	٢,٠— ٤,٠—		x	x	x	x

جـ = أحر / يرتقل

ب = أصفر / يلى
د = حديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي
د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلابة	أ	ب	ج	د
بنوعيات : باونيت ، موسكوفيت ، فلوغروسيت ، ليهبيلولايت . باراجونيت .								
اسم حقل لواد غنية باكسيد الألمنيوم المائية .	٢,٨٠ ٣,٥		بوكسايت Bauxite	٢,٠ ٤,٠	×	×	×	×
اسم حقل لأكسيد المنجنيز المائية ، غير معروفة الهوية (رواسب منجنيز) .	٢,٨٠ ٤,٤٠	أحادى للبل	واد Wad	٢,٠ ٦,٥		×		×
ليثى ، يمتص يتخذ هيئة الأسستوس ، معدن ثانوى أو اصغى يشيع تواجدته فى العروق .	٢,٢	أحادى للبل	كروزيتايل الفسلفيت الكبريت	٢,٥		×		×
مايكما صودية ، يفسق بربها ويذوب الموسكوفيت بالطرق الكيميائية أو بالأحماض السنية ، تنتشر فى الصخور الشبكية والفللايت كما قد تتواجد فى العروق .	٢,٨٥	أحادى للبل	باراجونيت Paragonite $Na Al_2 (Si_3 Al) O_{10} (OH)_2$	٢,٥				
مايكما حديدية مائحية ، تتفاعل مع ، ولحظ لوبيا ، يخلص الكبريتك ، تتواجد فى الصخور التارية المائحية والبيجيتانية والمتحولة .	٢,٧٠ ٣,٣٠	أحادى للبل	باونيت Biotite $K (Mg, Fe)_3 (Al, Fe) Si_3 O_{10} (OH, F)_2$	٢,٥ ٣,٠		×	×	×
مايكما صودية ويونسية دقيقة المحيطات يشبه اللون ، تتواجد فى الصخور التارية المتغيرة ، وكذا فى الصخور المتحولة .	٢,٧٧ ٢,٨٨	أحادى	سيريست Sericite	٢,٥ ٣,٠				

جـ = أحر / بريق فلز

ب = أصفر / بلى
د = عديم اللون / أبيض

أ = أصفر / أزرق / قزمى
د = رمضى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د	هـ
يتكون في أشكال منشورية أو كتلية .. الخ. زجاجي معتم متشقق ، محاري ، متقطع ، يوجد كمعدن ثانوي ، وفي الغطاءات الحفيلية (جوسان) (Gossan) وهي رواسب حفيلية توجد في الأجزاء العليا لبعض رواسب الحامات المعدنية ويتكون المعدن بالتأكسد ويختلف من الكبريت أو النحاس أو غير ذلك من العناصر . ويدخل في تركيبه أكاسيد الحديد ، والمالية منها يوجد خاص .	٥,٩٦ ٦,٠٢	أحادي الميل	كروكيت Crocoite $PbCrO_4$			×	×		
منشوري ، شعري ، راتنجي ، محاري والبيض له مظهر طيالي متمركز ، يذوب في حامض النتريك محطياً لوناً أصفراً ، أو في حامض الأيدروكلوريك محطياً لوناً أخضر ، يتواجد في الطبقات المؤكسدة من رواسب الرصاص .	٦,٨٨	سداسي	فاتادينايت Venadinite $Pb_5(VO_4)_2Cl$	٢,٥ ٣,—		×	×		
صفائحي ، حرمي مزهوج ، كتل ، حبيبي ، شعبي راتنجي ، متشقق إلى سطوح غير مستوية ، يتكسر في حامض الأيدروكلوريك والنتريك ، ويذوب في حامض الكبريتيك والفولوات ، يتواجد في الطبقات الثانوية التأكسد للصخور الحاملة لرصاص والموليبدنوم .	٦,٥ ٧,—	رباعي	ولفينايت Wulfenite $Pb Mo O_4$	٢,٥ ٣,—	×	×	×	×	
صفائحي أو حل شكل حبات الأكسدة ، لؤلؤي إلى زجاجي ، له تشقق واحد ، ورابحة تشبه رابحة الطين عندما يئدي أو	٧,٣٠ ٧,٤٢	أحادي الميل	جيبايت Gibbsite $Al(OH)_3$	٢,٥ ٣,—	×	×	×	×	×

جـ = بحر / برتقال

بـ = أصفر / بني
دـ = عديم اللون / أبيض

أ = انخسر / لزرق / قزمزي
د = رماني / اسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	د	ج	ب	ا
يُعالى بالله، ناتج من تواجدها التجوية، ويوجد في رواسب البوكسيت، وفي عروق تكون في درجات حرارة منخفضة.								
اسم مجموعة معدنية، سميت فرائدها يستقر الأمر بشأنها بعد، تكون في هيئة كتلية أو حل شاذة الأستوس، شخصي، راتنجي، جيلاتيني، بعض معدنها يذوب بلون مصفر. تعتبر نالها من تواجدها تغير لسيكيات الماغسيوم، مثل معدن الأوليفين، كما توجد في العروق.	٢,٥٠ ٢,٦٠	أحادي الحل	سرتين Serpentine (Mg,Fe,Al) ₃ (SiAl) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ 4H ₂ O					
يتكون على شكل حراشف أو حببات ... الخ، راتنجي، له تلمع واحد، يذوب في حامض الايروكلوريك، أكثر تواجدها في الحامض والمصهور الحامض لمعدن الحديد.	٢,٩١ ٣,٢٦	سداسي	جاروسايت Jarosite KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	٢,٥ ٣,٥		x	x	
مايكروايتية، ويحتوي واحد من المعادن الشائعة في تكوين الصخور، وبخاصة الصخور التارية الحامضية والجبرين، وكذلك الصخور الصاعدة عنها شاذ الفلورين.	٢,٧٧ ٢,٨٨	أحادي الحل	موسكوفيت Muscovite KAl ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂	٢,٥ ٤,٠	x		x	x
مايكروايتية أي تحتوي على عنصر الليثيوم، تكون في بلورات صفاحية أو حل شكل	٢,٨٠ ٢,٩٠	أحادي الحل	ليبيدوليت Lepidolite	٢,٥ ٤,٠		x		x

ج = أبيض / برتقالي

ب = أصفر / بني
د = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي
و = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د	هـ
تجمعات من قشور صغيرة ، يمكن تمييزها من معدن الموسكوفيت حين يكون وردي اللون ، بواسطة التحليلات الكيميائية أو بالأشعة السينية ، معدن نادر الوجود ، وإن وجد ففي الصخور البجباتانية الحاملة لمعدن الليثيوم .			$K(LiAl)_2$ $(SiAl)_4$ $O_{10}(F.OH)_2$						
يتكون في بلورات ذوات هيئة ثلاثية متعرجة ، أولى هيئة كتلية ، زجاجي إلى لؤلؤي ، ينشقق إلى أشكال معينة ، بعضها له خاصية الاستشعاع والتضوء الفوسفوري أو الحراري يحدث ، فوران مع حامض الأيدروكلوريك المخفف ، واسع الانتشار في العروق والصخور المتفجرة .	٢,٧١	سداسي	كالسايت Calcite (Ca CO ₃)	٣, —	x	x	x	x	x
له تشقق جيد ومنظم في اتجاهات ثلاثة ، ينجم (يصول إلى علام جيلاتيني) ، يلا الفجوات في العنبد من الصخور .	٢,٢٠ ٢,٣٠	احادي الميل	لومونتيت Laumontite Ca Al ₂ Si ₄ O ₁₂ 4H ₂ O.	٣, — ٣, ٥	x	x		x	x
يتردد لونه ما بين عديم اللون إلى مزرقي نوحا ما ، صفاحي ، زجاجي ، لؤلؤي ، ثلاثي التشقق ، بعضها بلصق أو يستشع (أي يشع مستمداً الشعاع من مصدر آخر) وقد يتميز بالتألق الحراري (وهي خاصية تميز الكثير من المعادن التي تسمى عند تسخينها ، ويحدث هذا نتيجة لانطلاق الطاقة المخزونة عندما تغير الالكترونات مواضعها في التركيب البلوري (Thermo luminescence) ، يلبوب	٣,٩٦ ٣,٩٨	معيني	سيلستيت Celestine Sr SO ₄	٣, — ٣, ٥	x	x		x	x

جـ = بحر / برتقال

ب = أصفر / بني

ا = أخضر / أزرق / فرمزي

هـ = عديم اللون / ليعش

د = رمادي / أبيض

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكمالة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الميلان	أ	ب	ج	د
قليلًا في اللام ، يتواجد في الصخور الرسوبية وبخاصة مع الأحجار البحرية والجبس ، كما قد يتواجد في العروق .								
سداسى كاذب ، كرى الشكل .. الخ ، زجاجى ، يستشع مشبهًا في ذلك معدن الأراجونيت ، يملوب في حاضن الايدروكلوريك ، ويتواجد في العروق .	٤,٢٩	معين	ولرايت Withrite $Ba CO_3$	٣, — ٣, ٥	×	×	×	×
سداسى ، كتلى .. الخ ، زجاجى لؤلؤى ، يشقق ، بعضه يستشع ، وبعضه يتألق بالحرارة ، والبعض يصدر رائحة كبريتية حين يدحك أو بذلك باليد ، شائع التواجد في العروق وفي الصخور الرسوبية ، وقد يوجد ملتبسًا لتجوات في الصخور النارية .	٤,٥٠	معين	بارايت Barite $Ba SO_4$	٣, — ٣, ٥	×	×	×	×
بلوريات نصف هرمية ، راتنجى شمعى ، يملوب في حاضن الايدروكلوريك ، يوجد مغطىًا لحوائط مناجم الزنك .	٤,٩٠	سداسى	جرينوكايت Greenockite $Cd S$	٣, — ٣, ٥	×	×		
يتكون في هيئة ركابية أو عمل شكل حنايد توائية ، أو قد يتكون في هيئة كتلية ، راتنجى شمعى ، مشقق ، يستشع بصفرة بفعل الأشعة السينية أو فوق البنفسجية . يتواجد في المناطق المتأكسدة من الرواسب المحترمة على معدن لورصاص .	٦,٥٣ ٦,٥٧	معين	سيروسايت Cerussite $Pb CO_3$	٣, — ٣, ٥	×		×	×

جـ = أبيض / برتقال

ب = أصفر / يلى

أ = أصفر / أزرق / قهوى

د = عديم اللون / أبيض

د = رملى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	التركيب الكيميائي	الشكل البلوري	الكثافة النوعية	المصلا	أ	ب	ج	د	هـ
يتكون في هيئة ألياف شعاعية أو لمحات نجمية ، أو حراشيف قشرية ، زجاجي لؤلؤي ، متشقق الوجود يملوب في الأحافض ، معدن ثانوي ، شائع الوجود في الصخور المختلفة ، وبالأخص الفوسفاتية والهيمنائية .. الخ .	والبيلايت Wavellite $Al_2(PO_4)_2$ $(OH.F)_2$ $5H_2O$	معيني	٢,٣٦	٣, — ٤, —	×	×	×	×	×
ميكالي (ولكن مع وجود تشقق ثان متعامد على الأول) ، يملوب في حامض الأيدروكلوريك + حامض الكبريتيك ١ : ١ ، يتواجد في صخور التحول منخفضة الدرجة .	ستيلنوميلين Stilpnomelane $K(FeAl)_{10}Si_{12}$ $O_{30}(OH)_{12}$	أحادي الميل	٢,٥٩ ٢,٩٦	٣, — ٤, —	×	×	×	×	×
الكثير من هذه المجموعة لم يعرف جهاها بعد ، تتكون في هياكل متعددة (ليفية ، حزامية .. الخ) لؤلؤية زجاجية ، شبه عمارية أو صلصالية ، بعضها يستشع يرتقاليها أو يملوب يتهد ما بين الأخضر والأصفر ، معادن هذه المجموعة دائما مترددة ما بين التميز وعدمه (بمعنى أن الماء يمكن أن يخرج أو يطرد منها دون تحطيم البناء الذري) . توجد معادن هذه المجموعة ثانويا في الأماكن المفتوحة ، ومادة يتواجد الثان أو أكثر من تلك الأنواع في فصوات صخور البازلت . مثل ذلك التواجد يُشار إليه بترابطات الزولايت (Zoolite association) .	زولايت Zoolite سيليكات الألمنيوم الصوديوم و/أو الكالسية المائية .	متعدد	١,٩٠ ٢,٤٥	٣, — ٤, —	×	×	×	×	×
يتكون في هيئة كتلية أو حبيبية أو ليفية ، زجاجي لؤلؤي ، له تشقق ثلاثة ، يملوب	أهيدرايت Anhydrite	معيني	٢,٩٨	٣,٥	×	×	×	×	×

جـ = أحر / يرتقالي

ب = أصفر / يلى

د = عديم اللون / أبيض

أ = أصفر / أزرق / قرمزي

د = رملي / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د	هـ
في الأحافض ويتواجد في الصخور الرسوبية .			Ca SO_4						
يتواجد في المرون حل هيئة الرماح أو الحراب ، وقد يتكون كذلك في هيئة كتلية ، زجاجي ، متشقق ، يستتبع مثل الأراجونيت ، يذوب في حامض الأيدروكلوريك .	٣,٦٤ ٣,٧٨	معيني	سترونشيانايت Strontianite Sr CO_3	٣,٥	×	×	×	×	×
تجمعات نصالية أو صفاحية حل شكل التابوت أو الشمس ، ترابط زيولايتي .	٢,١٠ ٢,٢٠	أحادى البلل	هيولانديت Heulandite $(\text{Na Ca})_{23} \text{Al}_2$ $(\text{Al.Si})_2 \text{Si}_{13}$ $\text{O}_{36} 12\text{H}_2\text{O}$	٣,٥ ٤, —	×	×		×	×
تجمعات نصالية أو حبيبية تشقق واحد جسيم ، يشكر مع حامض الأيدروكلوريك .. ترابط زيولايتي .	٢,١٠ ٢,٢٠	أحادى البلل	ستيبايت Stibite $\text{Sb}_2 \text{S}_3$	٣,٥ ٤, —		×	×		×
يتكون في هيئة بلورات معينة الشكل مقوسة الأوجه ، وقد يتكون في هيئة حبيبية . زجاجي لأولوى ، له تشقق معيني ، الطين منه يستتبع ، يحدث فوران إذا كان مسحوقاً مع حامض الأيدروكلوريك الدافئ . يتواجد في الصخور الرسوبية وحل شكل بلورات في فجوات الصخور .. الخ .	٢,٨٤ ٢,٨٦	سداسى	دولوميت Dolomite $\text{Ca Mg (CO}_3)_2$	٣,٥ ٤, —	×	×	×		
هيئة حبيبية أو كتلية ، زجاجي لأولوى ، متشقق ، يذوب في حامض الكبريتيك ،	٢,٩٠ ٢,٩٠	سداسى	ألونيت Aunite	٣,٥ ٤, —	×	×	×	×	

جـ = أبيض / برتقالي

ب = أصفر / بني

أ = أحمر / أزرق / قرمزي

هـ = عديم اللون / أبيض

د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلادة	أ	ب	ج	د
يوجد كتلج لتغير الصخور بالمحاليل للحالة الحرارية نياً يسمى بعملية الألتة (Aluminized rocks).			$KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$					
يتكون في بلورات لها حبة إبرية (بلورات عظيمة مفرطة في الطول بالنسبة لأبعادها المستعرضة لتبدو حل حبة الإبر) ، أو قد يتكون في حبة لينة (عظيمة) شعاعية ، أو حل شكل حوايط ، زجاجي ، متشقق ، متشقق (بتغير الأشعة فوق البنفسجية أو السينية أو بالأشعة فوق الأكترونية) ، يتغيراً حرارياً ، يحدث توران مع الأحماض . يتواجد في رواسب درجات الحرارة المنخفضة .	٢,٩٤ ٢,٩٥	معيني	أراجونيت Aragonite $CaCO_3$	٣,٥ ٤,٠	×	×	×	×
يوجد حل حبة تلبسات أو حلقات الأتداء (تتبعات نصف كروية) ، زجاجي ، معتم ، متشقق ، يلووب في الأحماض ، يتواجد في المناطق المتأكسدة من الرواسب الحاملة للنحاس .	٣,٦٠ ٤,٠٥	أحادى الحبل	مالاكايت Malachite $Cu_2(CO_3)(OH)_2$	٣,٥ ٤,٠	×			×
حبيبي ، عتقوي (بلورات تشبه في مظهرها الخارجى عشود العنب) ، زجاجي لؤلؤي ، تشقق معيني ، يفرور مع الأحماض الساخنة ، يتواجد في المروقي .	٣,٧٠	سداسي	روغوكروزيات Rhodochrosite $MnCO_3$	٣,٥ ٤,٠		×	×	
تجمعات صفائحية ، زجاجي ، متشقق ، يلووب في الأحماض ، يتواجد في المناطق الثابتية من الرواسب الحاملة لمعدن النحاس .	٣,٧٧	أحادى الحبل	آزورايات Azurite $Cu_2(CO_3)_2(OH)_2$	٣,٥ ٤,٠	×			

ج = أبيض / برتقال

ب = أصفر / بني
د = عديم اللون / أبيض

أ = أخضر / أزرق / قرمزي
د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د
بعضه شبه فلزي ، مشعن ، كتلي ، شعري ، يتواجد بكثرة في المناطق المؤكسدة من الرواسب الحاملة لمعدن النحاس .	٦,٤٠	مكعب	كوبريت Cuprite Cu_2O	٣,٥ ٤,٠				X
يتكون في هيئة منشورات أو كرات .. الخ ، راتنجي ، له تشقق معوي وغير مستوي ، يلويب في حاضن التريك ، يتواجد في المناطق المؤكسدة من الرواسب الحاملة لمعدن الرصاص .	٧,٠٠ ٧,٠٨	سداسي	بيرومورفيت Pyromorphite $\text{Pb O}_2 (\text{PO}_4)_2$ Cl.	٣,٥ ٤,٠	X	X	X	X
يتكون في هيئة منشورية أو إبرية أو كروية .. الخ ، راتنجي ، له تشقق معوي غير مستوي ، يلويب في حاضن التريك ، يتواجد في المناطق المؤكسدة من الرواسب الحاملة لمعدن الرصاص .	٧,٢٤	سداسي	ميميتيت Mimetite $\text{Pb}_2 (\text{AsO}_4)_2 \text{Cl}$	٣,٥ ٤,٠			X	X
يتكون في هيئة حبيبية أو معينية ، زجاجي ، له تشقق معوي ، يستشع باللون الأخضر أو الأزرق ، يلويب في حاضن الإيدروكلوريك الساخن ، يتواجد كتلنج تغير الصفور الغنية بمنصر للألمنيوم .	٢,٩٨ ٣,٠٢	سداسي	ماجنتازيت Magnetite Mg CO_3	٣,٥ ٤,٥			X	X
يتكون عادة في هيئة كتلية أو معينية .. الخ ، بيتا يكون مغلف في كثير من الأحيان بطبقة قزحية اللون ، زجاجي ، يتشقق معينياً ، يلويب في الأحماض الساخنة . معدن رسوبي ، وقد يتواجد كذلك في العروق .	٣,٩٥ ٣,٩٨	سداسي	سيدرأيت Siderite Fe CO_3	٣,٥ ٤,٥	X	X	X	X

جـ = أبيض / برتقالي

ب = أصفر / بني
د = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي
د = رملي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البالوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الميلان	أ	ب	ج	د	هـ
يتكون في هيئة بلورات مكعبية أو كتلية الشكل، زجاجي، له تشقق مشمن (شبه الأوجه). البهض منه يتشعب قرمزيًا، يتكسر في حاضن الكهرتليك. واسع الانتشار في المروق، ومارا للفتحات أو متفر في الصخور النارية.	٣,١٨	مكعب	فلوريت Fluorite Ca F_2	٤,٠—	×	×	×	×	×
شبه لافزي، له خشن أو حكاكة حراة إلى بنية اللون، يتكون على هيئة منشورات خدشة الأوجه، له تشقق ثلاثي. يلووب في حاضن الأندروكلوريك، يتواجد في رواسب الحرارة المنخفضة.	٤,٣٢ ٤,٣٤	أحادي للبل	مانجانايت Manganite Mn O(OH)	٤,٠—			×		
مُقلد أو كتلي (فوحند أو كتيلات)، أو قد يتكون على هيئة كسرات، البهض منه يهني اللون السيلوي، شمعي، له تشققان، يهني وكأنه يكون من شظايا، وقد يكون عازياً أو صديئياً، يلووب في الفلويات، يتواجد في الترسبات السطحية أو القوية من السطح وفي فجوات صخور مثل البريشة. (Breccian).	٢,٢٠ ٢,٥٧	معيني	فاريوسايت Variscite $\text{Al PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	٤,٠— ٤,٥	×				×
يتكون في هيئة معنوية أو كتلية، زجاجي لافلزي، تشقق معيني، البهض منه يتشعب بانحطار أو بزرقة، يهني مع الأحافس، يتغير معدن لافلزي في المناطق للأوكسدة من الرواسب الحاملة للزنك.	٦,٤٠ ٤,٤٥	سلسبي	سميثونيت Smithsonite Zn CO_3	٤,٠— ٤,٥	×	×	×	×	×

جـ = بحر / برتقال

ب = أخضر / بني
د = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي
د = رملي / أسود

تابع معادن ذات بيرين لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	النمط البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	المعدن	أ	ب	ج	د	هـ
شبه فلزي ، ينشط بطبقة قزحية اللون ، يتكون في هيئة منشورية أو مسطوية الأخلاع للمعدنة ، في هيئة حبيبية أو كتلية .. الخ ، له تشقق واحد ، يتكسر في الماء للملكى وحامض الكبريتيك أو حامض الأيدروكلوريك ويطرد ، يتواجد في المعروق المختلفة ومع التحول التلاصق وفي واسب البقرة (Placers) .	٧,٣١	أحادي الميل	ولفراميت Wolframite (Fe,Mn)WO ₄	٤,٠— ٤,٥		×		×	
اسم حقل الأكاسيد الحديد المائية غير اللازمة الهوية .	٧,٧٠ ٤,٣٠		ليمونيت Limonite	٤,٠— ٥,٥		×	×	×	
يتكون في هيئة معينات تقارب أن تكون مكعبات ، ذوات تشقق معيني ، يتكسر في حامض الأيدروكلوريك ينتشر مترابطاً مع معادن الزيولايت ، ومالي لتجوات الصخور .	٧,٠٥ ٧,١٠		شابازايت Chabazite Ca Al ₂ Si ₄ O ₁₂ 6H ₂ O	٤,٥	×	×	×	×	
يتكون في هيئة منشورات زجاجية ذوات فواكه لؤلؤية ، له تشقق قاعلي جيد وآخر منشوري قعير ، يتكسر في حامض الأيدروكلوريك ، مع ترك متبقبات سليكية ، معدن ثانوي يتواجد في فجوات الصخور ويتربط عادة مع مجموعة الزيولايت .. الخ .	٧,٣٣ ٧,٣٧	رباعي	أپوفيللايت Apophyllite KCa ₄ (Si ₄ O ₁₀) ₂ (OH,F).	٤,٥ ٥,٠—					×
تجمعات مشعة ، له تشقق شالي جيد ، والكثير منه يستعمل برتقاليا . يتربط مع معادن الزيولايت في التفجوات الصخرية .	٧,٨٦ ٧,٩٠	أحادي الميل	بيكتولايت Pectolite Na Ca ₂ Si ₂ O ₇ (HO).	٤,٥ ٥,٠—	×	×			×

جـ = أبيض / برتقالي

ب = أصفر / بني

أ = أصفر / أزرق / قزحي

د = عديم اللون / أبيض

هـ = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	المعادن	أ	ب	ج	د	هـ
يتكون في هيئة صفاحية أو كتلية ، يتشقق بزوايا $84^{\circ}-96^{\circ}$ ، يتكسر في حاضض الالندروكلوريك ، يستتبع من الأصفر إلى البرتقالي ، يتواجد في الأحجار الجيرية المتحولة بالحرارة .	٢,٨٧ ٣,٠٩	أحادي البلل	ولاستونايت Wollastonite Ca SiO_3	٤,٥ ٥,٠—	×				×
يتكون في بلورات حل شكل هرم ثنائي ، أو في هيئة حبيبية أو كتلية ، زجاجي ، يتشقق دون تساق ، يتكسر في حاضض الالندروكلوريك والنيريك ، ويتشقق بزرقة مع الأشعة السينية ولون البفسجية والذمة الكا لود ، ويتفكراً حرارياً ، ويتواجد في حروق درجات الحرارة العالية ، والقواطع التوليدية والجبريسن ، وصخور متحول بالحرارة .	٦,٠٨ ٦,١٢	رباعي	شيليت Schoelite Ca WO_4	٤,٥ ٥,٠—	×	×	×	×	×
مجموعات ليفية أو ليزية ، يتشقق منشورياً هلاسي ، مترابط مع مجموعة الزبولات .	٢,٢٠ ٢,٢٦	معي	ناترولايت Natrolite $\text{Na}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	٥,٠—		×	×	×	×
يتكون في مجموعات ليفية أو في هيئة منشورات رقيقة خفيفة ، له تشقق منشوري ، هلاسي ، مترابط مع الزبولات ، وكذلك قد يتواجد بفعل المحاليل المائية الحارة وفي الصخور الكلسية المتحول .	٢,٢٥ ٢,٢٩	أحادي البلل	سوليسايت Scolecite $\text{CaAl}_2 \text{Si}_2 \text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2 \text{O}$	٥ —		×			×
اسم لمجموعة معدنية غالبيتها غير معروفة	٢,٨٠	سداسي	أهانتيت	٥,٠—	×	×	×	×	×

جـ = أهر / برتقال

ب = أصفر / بل
د = عديم اللون / أبيض

ا = أحمر / أزرق / قرمزي

د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	المعادن	أ	ب	ج	د	هـ
جهداً مجهرياً ، تتكون حل حبة منشورات عادية باستطارة نوعاً ما ، أو في حبة كتلية أو حبيبة ، زجاجي ، يسلوب في الأحماض ، البهس منه يتشبع بصفرة برتقالية ، يتواجد في الصخور النارية والمروق وصخور الجيوليتات .	٣,٢٥		Apatite ~ Cl_2 $(\text{PO}_4)_3$ (F.cl.OH).						
يتكون في حبة بلورات من العلاقة التصفية للمزدوجة ، حزبية أو حلمية ، له تشققان جيد وقثير ، جيلاتينى للمس ، يعطى كهرباء حرارية والبهس يتشبع بصفرة باهتة . يتواجد في الرواسب الحاملة لمعدن الزنك .	٣,٤٥	معيني	Hemimorphite $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.	٥, —	×			×	×
يتكون في حبة بلورات ولينة ثنائية ، أو في حبة كتلية أو حبيبية ، رائبتي ، يتغير إلى معدن ليكوزين (Leucosene) ، يتغير ويكسر في حافسي الكبريتك ، يتغير معدناً إضافياً شاملاً في الصخور النارية المتصلبة .	٣,٤٥ ٣,٥٥	أحادى البل	تيتانات Titanite (Sphene) Ca Ti Si O_6	٥, —	×	×			×
مجموعة ليفية ولد يتكون كذلك في حبة كتل كروية شعاعية ، جيلاتينى ، يكتسب خاصية الكهرباء الحرارية ، مترايط مع الزيولايت .	٢,١٥ ٢,٣٩	معيني	ثومبسونيت Thompsonite $\text{NaCa}_2 \text{Al}_5 \text{Si}_5 \text{O}_{20} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.	٥, — ٥, ٥		×	×		×
من عديم اللون إلى مبيض ، زجاجي ، لؤلؤى ، جيلاتينى ، يتغير مبدئاً ثانوياً مع مجموعة الزيولايت في فحرات الصخور .	٢,٩٦ ٣, —	أحادى البل	داتوليت Datolite $\text{Ca B SiO}_6 (\text{OH})$.	٥, — ٥, ٥	×	×	×		×

جـ = أهر / برتقالي

ب = أصفر / بى
د = عديم اللون / أبيض

أ = احمر / أزرق / قزمزى
د = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكمية النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	المعادن	أ	ب	ج	د
شبه فلزي مُخَشَّش ، مصفر ، في هيئة كتلية أولية .. الخ ، حريري إلى راتنجي ، يلمع في حليض الأيدروكلوريك ، يعتبر شائع التواجد في نواتج عمليات التنجيم .	٣,٣٠ ٤,٩٠	مصفى	جوتيت Goethite $\alpha\text{-Fe O (OH)}$	٥, — ٥, ٥		x	x	
صفاحي مُخَشَّش ، شمعي راتنجي ، متشقق دون استواء ، يتكسر يبطه في الأحافض ، يتكون كمعدن أصلي في الصخور الجرانيتية والصخور النارية (Gneiss) وصخور البجماتايت ، كما قد يتواجد ذلك في كسرات الصخور الرسوبية .	٤,٦٠ ٥,٤٠	أحادي البل	مونزايت Monazite $(\text{Ce,La,Nd,Th})\text{PO}_4$	— ٥, ٥	x	x	x	x
اسم لمجموعة معدنية غالبها غير معروفة جوهرياً ، إلا أن الكثافة النوعية قد تكون عامل تمييز بين مفرداتها ، تتكون على هيئة منشورات مستطيلة مُخَشَّش . كما قد يتواجد المعدن كذلك على هيئة تجمعات بلورية كبيرة وعشنة ، شبه عاري ، له تشقق فكري يعطي أسطحاً ذات مظهر مُخَشَّش غير منتظم ، ومن هذه المجموعة معدن مارولايت (Marialite) غير قابل للذوبان في حليض الأيدروكلوريك ، بينما أنها أيضاً معدن ميونايت (Mionite) يتكسر فيه ، عالية معادن المجموعة تتشعب مع الأشعة فوق البنفسجية بلون أصفر أو أحمر . تتواجد هذه المجموعة في الصخور الجبلية المتحول حرارياً ، وكذلك في صخور البجماتايت .	٢,٢٠ ٢,٧٨	رياحي	سكابولايت Scapolite $(\text{Na,Ca})_2(\text{Al,Si})_2\text{O}_6(\text{CO}_2)$					

جـ = أحمر / برتقال

ب = أصفر / بني

د = عديم اللون / أبيض

أ = انصهر / أزرق / قرمزي

د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلادة	أ	ب	ج	د	هـ
يتكون فى هيئة حراشيف أو هوابط ويشار كيلويات ، شمسى مزفوج انشلاق ، يسلوب بصمومية فى حاضرس الاندروكلويك ، يتواجد فى الصخور الالومينية للجبال فى المناطق الجبلية .	٢,٦٠ ٢,٨٤		تروكواز Turquoise $\text{Cu Al}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٥, - ٦, -	x				x
معدن من معادن الأمفيبول يتوجد لونه ما بين الأسود والأخضر ، ويتواجد فى الصخور النارية .	٣, - ٣,٤٠	أحادى الحبل	هورنبلند Hornblende (amphibole) $\text{Ca}(\text{Mg Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$	٥, - ٦, -	x				x
شبه فلزى برونزى (Fe 12-13) يتواجد فى الصخور النارية القاعدية ولون القاعدية ، والبعض منه يتواجد فى هيئة فلزية .	٣,٣٠ ٣,٤٥	معدن	برونزيت Bronzite (orthopyroxene) Mg-Fe Silicat	٥, - ٦, -	x	x			
يتواجد فى الأحجار الجيرية والفلووماينية الحاملة للميتاستاسيليكات (Metasilicates) ، وكذلك فى الصخور النارية الغنية قاعدية والمتحول فى درجات حرارة منخفضة .	٢,٩٨ ٣,٤٦	أحادى الحبل	تروكوازيت - أكتينوليت Tremolite-actinolite (amphibole) $\text{Ca}_2(\text{MgFe})_5\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	٥, ٥ ٦, -	x				x
اسم لمجموعة معدنية لم يستقر بشأنها الأمر بعد ، غالبيتها غير معرف جوهرياً ، إلا أن	٢,٨٥ ٣,٥٧	أحادى الحبل	أمفيبول Amphibole	٥, - ٦, -	x	x	x	x	x

جـ = أحمر / برتقال

ب = أصفر / بى

أ = أخضر / أزرق / قزمزى

د = عديم اللون / أبيض

هـ = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

أ	ب	ج	د	العلائق	الاسم والتركيب الكيميائي	البنية البلورية	الكثافة النوعية	ملاحظات
					سيليكات مائية ممتلئة لمادن $Mg, Fe \pm Ca$ or $Na (Al, etc.)$	+		التمييز بينها ممكن باللون أو بكيفية التواجد ، تتكون في هيئة بلورات طويلة وإهية أو هيأة ، تشقق معادنها منشوريا ويزوايا $90^\circ - 124^\circ$ ، تلويب بسيط في حامض الإيدروكلوريك ، تتحول إلى بيوتيت و/أو كلوريت . تتواجد في الصخور النارية والمتحولة وفي العروق .
				0, — 1, —	هيبيرثين Hypersthene (orthopyroxene)	معيني	3, 43 3, 60	يتواجد في الصخور النارية القاعدية (مثل نوريت (norite) وفي الصخور النارية فوق القاعدية ، ولقد يتكون البعض منه في الصخور المتحولة (Fe 30-50) .
				0, — 1, —	هيماتيت Hematite $Alfa Fe_2 O_3$	سداسي	5, 26	أرضي ، بلورات خضفة ، وحكاته حرده ، نصال أو حبيبي الهبة ، يلويب في حامض الإيدروكلوريك ، يتواجد في التكوينات الحديدية الرسوبية ، ويندر تواجده في العروق .
				0, — 1, 0	يورانيات Uraninite $U O_2$	مكعب	10, 63	شبه فلزي معتم ، معتم .. الخ ، يتواجد في هيئة كتلية ، شحبي داكن ، مشع ، يوجد في صخور البجهايات والعروق ذات المنشأ الحراري المتوسط إلى العالي .
				0, — 1, 0	ألانات Allanite $(Ce, Ca, Y)_2 (Al, Fe) Si_2 O_{12} (OH)$	أحادى البل	4, 80 4, 20	شبه شفاف (نصف شفاف) ، صفائى ، إبري ، كتلي ، قارى معتم كالغار ، راتنجي ، شبه عارى أو صفائى ، مشع ، جيلاتينى ، يتواجد كمعدن إضافي في الصخور النارية والبيجهايتية .

جـ = بحر / برقائل

ب = أصفر / بى
د = عديم اللون / أبيض

أ = أنطر / أزرق / قوسى
د = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيمائى	الصلابة	أ	ب	ج	د
اسم لمجموعة معادن بعضها لم يستقر الرأى بشأنها بعد والكثير منها لم يُعرف بجهرها ، بينها ظروف التواجد قد تفرق بين البعض منها ، لها تشقق منشورى بزوايا ٩٢° - ٨٧° ، وقد تتكون في هيئة منشورات صغيرة نصيرة . تتغير إلى الأمفيبول ، تتواجد في الصخور النارية والتحول .	٢,٩٦ ٢,٩٦	أحادي للبل + معنى	بيروكسين Pyroxene (سيليكات معقدة)	٥, - ٧, -	x	x	x	x
اسم لمجموعة معدنية من سلسلة (Fayalite-Forsterite , Glau- cophanite, Fayalite-tephroite, Monticellite) تتكون في هيئة كتلية حبيبية أو منتشرة ، عارية جيلائية ، عادة تتحول إلى معدن سريتين ، تتواجد في الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية للتحول حرارياً .	٣,٢٢ ٤,٣٩	معنى	أوليفين Olivine (Mg Fe) ₂ SiO ₄	٥, - ٧, -	x	x		
يتكون في هيئة كتلية حبيبية ، له تشقق مكعبى قعير ، جيلائى ، يوجد في لوزات البازلت (وهي فراغات غازية عديمة ملوحة بمادن ثانوية مثل الكالسيت والسايكا تكون أنصبل لوناً من مادة الصخر ، ويحيط هيئة اللوز وشكله عادة) .	٢,٢٤ ٢,٢٩	مكعبى	أنالسيم Analcime Na Al Si ₃ O ₆ H ₂ O	٥, ٥		x		x
وهو للمعدن البيروكسينى الشائع في الصخور النارية شبه القلوية مثل صخور الجابيرو .	٣,٧٤ ٣,٨٥	أحادي للبل	أوجايت Ougite (Cinopyroxene)	٥, ٥	x	x		x

ج = أحر / برتقالي

ب = أصفر / بلى

أ = أصفر / أزرق / قرمزي

د = عديم اللون / أبيض

د = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	ج	د	هـ	الصلابة	الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظات
						(Ca Na) (Mg, Fe, Al, Ti) (Si Al) ₂ O ₆			
			x	x	5,5	صوداليت Sodalite Na ₈ Al ₆ Si ₆ Cl ₂	مكعب	٢,٢٧ ٢,٣٢	يتكون في هيئة بلورات من فوات الاثني عشر وجهاً (dodecahedron) (وهو شكل بلورى من طائفة رباعى سداسية الأوجه من النظام البلورى للكمى المغفل يتكون من اثني عشر وجهاً تشبه في قاعها وجود ذى الاثني عشر وجهاً معنا من الطائفة السوية من النظام البلورى للمكعب والدليل (١١) .. كذلك يتكون في هيئة كتلية ، ويتشقق بنفس الهيئة البلورية السابقة تشققاتاً لغيراً ، جيلاتين البعض منه يتشعب في صفرة برتقالية ، يتواجد في الصخور الحاملة لمعدن النيكلين ، يلوب في حامض النتريك . وعند تبخير المحلول الناتج يبطه ، تبقى بلورات من الهاليت (كلوريد الصوديوم) .
	x	x			5,5 ٦,٠٠	نيليون Nepheline (Na,K) Al SiO ₄	سداسى	٢,٥٦ ٢,٦٦	يتكون في هيئة صفاحية أو منشورية ، زجاجى ، شحمى ، يتشقق إلى منشورات جيدة وأخرى قاعدية فقيرة ، جيلاتين ، يتشعب برتقالياً ، يمكن التفريق بسهولة بينه وبين محلول (Kaliophillite, Kalsilite) بواسطة الأشعة السينية . يتواجد في الصخور النارية القلوية الغنية بمعدن الصوديوم والقرن من الصخور المتحركة .

جـ = أبيض / برتقالى

ب = أصفر / بى
د = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / غرمزى
ز = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكمية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الميلان	أ	ب	ج	د	هـ
يتكون مع معدن كوردسيريت (Cordierite) في صخور التابس ومع معدن الطلق (Talc) في الصخور النارية فوق القاعدية المتحول.	٢,٨٥ ٢,٥٧	معين	أنثرفيليت Anthophyllite (amphibole) (Mg, Fe) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	٥,٥ ٦,٠	x	x	x	x	x
يتكون في هيئة بلورات متساوية الأبعاد أو في هيئة كتل كبيرة، زجاجي، لؤلؤي، متشقق، يذوب بصعوبة في الأحماض، يتواجد في صخور الجيعاتيت.	٣,١١	ثلاثي الميل	أمبليجونيت Amphigonite (LiNa)Al(PO ₃) ₂ (F, OH)	٥,٥ ٦,٠	x	x	x	x	x
رائعبي، لؤلؤي، كتل، أو حل شكل حراشف كحليبات الأنداء، عاري يذوب في حمض الأيدروكلوريك وفي الفلويات الكالوية، ينحصر منه يتشعب بصفرة خضرة، يتليس في الصخور وفي الفجوات وبخاصة في الصخور البركانية.	١,٨٠ ٢,٢٥	غير متبلور	أوبال Opal SiO ₂ ·n H ₂ O	٥,٥ ٦,٥	x	x	x	x	x
بعض الأنواع طائفة اللون منه تتشعب بزرقة، وقد يكون ذي لون أخضر باهت مبيض، يتواجد في الصخور السيليكية والكربوناته المتحولة.	٣,٢٢ ٣,٣٨	أحادي الميل	ديوسايد Diopside (clinopyroxene) Ca Mg Si ₂ O ₆	٥,٥ ٦,٠					
صفاحي، وعادة ما تكون صفائح غير منتظمة أو في هيئة كتلية. يتغير بسهولة إلى أكاسيد منجنيز سوداء اللون.	٣,٥٧ ٣,٧٦	ثلاثي الميل	روذونيت Rhodonite (Mn, Fe, Mg, Ca) SiO ₃	٥,٥ ٦,٥			x		
شبه لؤلؤي، من سلسلة ماجنتيت في مجموعة سبيل (Spinel)، يتكون في	٥,١٨	مكعب	ماجنتيت Magnetite	٥,٥ ٦,٥	x				x

جـ = أحمر / برتقالي

ب = أصفر / بني
د = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قهوي

د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلابة	أ	ب	ج	د	هـ
بلورات مشعة أو حبيبية ، كما يتجزء ثباتياً ، بلوب بصورية في حاضن الايديروكلوريك ، له مغناطيسية قوية .. واسع الانتشار .			$Fe Fe_2 O_3$						
صفايحى ، زجاجى ، محدد بخواصه المغناطيسية يوجد في الصخور البركانية .	٢,٥٦ ٢,٦٢	أحادى البل	سانيدين Sanidine (Feldspar) $K Al Si_3 O_8$	٦, —	x	x	x		
مشوى صفايحى ، له تشققان جهدان وأخر تقعر ، يوجد في صخور الشيست منخفضة الدرجة مثل جلوكوفين Glaucophanite .	٣,٠٥ ٣,١٠	معين	لاوزونايت Lawsonite $Ca Al_2 Si_2 O_7$ (OH) ₂ . H ₂ O .	٦, —	x	x	x		
يتواجد هذا المعدن مع سابقه ، في صخور الشيست والتايس ، وخاصة الغنية منها بمعدن الصوديوم .	٣,٠٨ ٣,٣٠	أحادى البل	جلوكوفين Glaucophanite (amphibole) $Na_2 (Mg, Fe)_3$ $Al_2 Si_6 O_{22}$ (OH) ₂	٦, —	x				
يطلق هذا الاسم على مجموعة معدنية ، وهو في ذات الوقت اسم لوحد منها ، ويتكون في حبيبات غير منتظمة الشكل ، زجاجى رائتى جيلاتينى ، يشبه الأوليفين ويتواجد في الصخور الدولوميتية والجرانيتية المتحولة حرارياً .	٣,٢٠ ٣,٣٢	معين	هومييت Humite (Mg, Fe) ₃ (SiO ₃) ₃ (F, OH) ₂	٦, —		x			

جـ = أبيض / برتقال

ب = أصفر / بلى
د = عديم اللون / أبيض

أ = أخضر / أزرق / قرمزى

د = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ب	ج	د	هـ	الصلابة	الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلوري	الكثافة النوعية	ملاحظات
x	x	x	x	٦, —	زواسايت Zoisite $\text{Ca}\frac{1}{2}\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_2(\text{OH})$	معصى	٣,١٥ ٣,٣٧	يتميز عن (Clinzoisite) بصفاته الضوئية أو بالأشعة السينية . ويعتبر معدن ثيولايت (Thiolite) نوعية قرمزية اللون منه .
x	x	x	x	٦, —	جادييت Jadeite (Clingvroxene $\text{Na}(\text{AlFe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	أحادي	٣,٢٤ ٣,٤٣	غير شائع نسبياً ، وإن وجد لمع معدن البايت في الصخور المتحول بالحرارة العالية ، وأحياناً المنخفضة الدرجة .
x	x	x	x	٦, —	إيدوت Epidote $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2(\text{SiO}_3)_3(\text{OH})$	أحادي للبل	٣,٣٨ ٣,٤٩	اسم المجموعة معدنية لم ينفذ على تسميات مفرداتها ، مترابطة مع زواسايت والأتايت (Zoisite, Allanite) ، أخضر قرمزي إلى بني خضر ، يتواجد في العروق حيث يتكون في بلورات مستطيلة رفيعة تحلوة أو محرزة أو قد يتكون في هيئة كتل عجيبة ، يتواجد في العروق والمجرات في الصخور النارية والمتحولة إقليمياً .
x	x	x	x	٦	أجبرين - أكهايت Aegirine-acmite (clinopyroxene) $\text{Na Fe Si}_2\text{O}_6$	أحادي للبل	٣,٤١ ٣,٥٥	معدن بيروكسين نموذجي في الصخور القلوية وبخاصة صخور سباتايت (Syenitic rocks) .
x	x	x	x	٦	بيجونائيت Pigeonite (Clinopyroxene)	أحادي للبل	٣,٣٠ ٣,٤٦	بيروكسين شائع في العنيد من صخور الجابرو دقيقة الحبيبات ، وفي صخور البازلت .

جـ = أحر / يرتال

ب = أصفر / بني

ا = أخضر / أزرق / قرمزي

د = عديم اللون / أبيض

ز = رملي / اسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Lustre)

ملاحظات	الكثافة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلادة	أ	ب	ج	د
			(Mg Fe Ca) (Mg Fe) Si ₂ O ₆					
يكون سلسلة مع معدن تانتاليت (Tantalite) شبه لافلزي، له حكاكة حمراء مسودة، يتغطى بطلاء قزعي اللون، صفالي، منشوري، تنال التشقق هش، يتواجد في صخور البجماتايت البرانسق.	٥,١٥ ٥,٢٥	معيني	كولبيت Columbite Fe Nb ₂ O ₆	٦,٠	×	×	×	×
يوجد (An 0-10)، انظر الفلسبارات، يوجد في الصخور النارية والمتحولة والبجماتايتية، من أشكاله المختلفة معدن (Moonstone and Cleavelandite).	٢,٥٧ ٢,٦٣	ثلاثي الميل	ألبايت Albite (Plagioclase) Na Al Si ₃ O ₈	٦,٠ ٦,٥	×		×	×
يتميز عن معدن ميكروكلين بفواحه الضوئية، يتواجد في الصخور النارية الجبلية والبجماتايتية.	٢,٥٥ ٢,٦٣	ثلاثي الميل	أرتوكلاز Orthoclase (Feldspar) K Al Si ₃ O ₈	٦,٠ ٦,٥	×	×	×	×
يتميز عن سابقه بالخواص الضوئية، يتواجد في الصخور النارية الجبلية والبجماتايتية.	٢,٥٦ ٢,٦٣	ثلاثي الميل	ميكروكلين Microcline (Feldspar) K Al Si ₃ O ₈	٦,٠ ٦,٥	×	×	×	×
يبدو مجهرياً كالأصابع المتشابكة بين ميكروكلين أو أرتوكلاز ويلاجيوكلاز ويشكل عناصر ألبايت.	٢,٥٦ ٢,٦٥	ثلاثي الميل	بيرثايت Perthite (Feldspar)	٦,٠ ٦,٥	×	×	×	×

جـ = أحمر / برتقالي

ب = أصفر / بني
د = عديم اللون / أبيض

أ = أصفر / أزرق / قرمزي
د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلادة	أ	ب	ج	د
<p>(An 10-30) ، انظر فليسيار ، يتواجد في الصخور النارية الجوفية وقليل في البيجماتية ، ويعد معدن الشمس (Sunstone) نوعاً منه .</p>	٢,٦٢	ثلاثي	أوليغوكلاز	٦, —	×	×	×	×
	٢,٦٧	للبل	Oligoclase (Plagioclase)	٦, ٥				
<p>(An 30-50) انظر فليسيار ، يتواجد في الصخور ذات المحتوى المتوسط من السيليكا .</p>	٢,٦٤	ثلاثي	أنديسين	٦, —	×			×
	٢,٦٩	للبل	Andesine (Plagioclase)	٦, ٥				
<p>(An 50-70) يُعطى انتمكسات زرقاوية ، انظر فليسيار ، يتواجد في الصخور النارية الغامقة .</p>	٢,٦٨	ثلاثي	لابرادوريت	٦, —	×			×
	٢,٧٢	للبل	Labradorite (Plagioclase)	٦, ٥				
<p>يتضمن سلسلة الـجلايوكلاز (Na-Ca) والقلوية (K-Na) وفليسيارات الباريوم ، يعرف بسهولة بوسائل مجهرية . تتميز النماذج وحيدة البل بأن لها تشققان بزاوية ٩٠° ، وإذا وجدت توأمة فتكون من النوع البسيط ، أما الأنواع ثلاثية البل فلها تشققان ٩٠° ، ٩٠° ولها توأمة مركبة تغطي مظهراً محدثاً حل بعض أوجه التشققات في الـجلايوكلاز . تتواجد في الصخور البيجماتية والنارية والمتحولة ، في بعض الصخور الرسوبية كذلك .</p>	٢, ٥٥		فليسيار	٦, —	×	×	×	×
	٢, ٣٩		Feldspar (Plagioclase Series) An Al Si ₃ O ₈ - Cal Al Si ₂ O ₈ , K Al Si ₃ O ₈	٦, ٥				
<p>يتكون من بلورات لها هيئة صدمية ورديّة ، له تشقق واحد ، يعلو ببطء في حاضن الإيدروكلوريك يتواجد مثلاً الفجوات مع الزيولايت .</p>	٢, ٩٠	معيني	بريكتايت	٦, —	×	×		
	٢, ٩٥		Prehnite Ca ₂ Al ₂ Si ₂ O ₁₀ (OH) ₂	٦, ٥				

جـ = آخر / يرتقل

ب = أصفر / بني
أ = عديم اللون / أبيض

أ = أخضر / أزرق / قرمزي
د = رملي / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	أ	ب	ج	د	هـ
شبه فلزي ، منشوري مُخَشَّش ، له تشقق ظفر ، يتواجد في المروك وكيمدون إضافي في الصخور النارية .	٤,٢١ ٤,٢٥	ريامي	روتايل Rutile TiO_2	٦, — ٦, ٥	×	×	×	×	×
يكون مع معدن كولمبايت (Columbite) ، شبه فلزي ، يتواجد في صخور البيجماتيت .	٧,٩٠ ٨, —	معيني	تانتاليت Tantalite $(Fe\ Mn) Ta_2O_6$	٦, — ٦, ٥	×	×	×	×	×
يتكون في هيئة منشورية أو كتلية ، له تشقق واحد ظفر ، شبه عاري ، يتفاعل مع حامض الأيدروكلوريك ، يتواجد في الصخور الجيرية المتحولة بالحرارة .	٣,٣٣ ٣,٤٣	ريامي	فيزوفيلانيت Vesuvianite $Ca_{10} Mg_2 Al_4 (SiO_4)_5 (Si_2O_7) (OH)_4$	٦, — ٧, —	×	×	×	×	×
شبه فلزي يتكون في هيئة كتل متناكة متشعبة ، رائحة دافن ، يتواجد في حقوق درجات الحرارة العالية وفي الجريس (greisens) .	٦,٩٩	ريامي	كاسيترايت Cassiterite SnO_2	٦, — ٧, —	×	×	×	×	×
نادر التكوين في بلورات ، يتغير إلى معدن (Kelyphite) ، يتواجد في الصخور النارية فوق القاعدية .	٣,٥٨	مكعب	بيروب Pyrope (Garnet) $Mg_3 Al (SiO_4)_3$	٦, — ٧, ٥	×	×	×	×	×
جوانرت كلسي الوسيط يتكون في بلورات متساوية الأبعاد . يتواجد في الصخور الجيرية المتحولة حرارياً أو الهلجياً .	٣,٥٩	مكعب	جروسولار Grossular (Garnet) $Ca_3 Al_2 (SiO_4)_3$	٦, — ٧, ٥	×	×	×	×	×

جـ = أهر / برتقال

ب = أصفر / يقي

هـ = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي

د = رملي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلورى	الكثافة النظرية	ملاحظات	أ	ب	ج	د	هـ
أندرادايت Andradite (Garnet) $(Ca_3 Fe_2 (SiO_4)_3)$	مكعبى	٢,٨٥ ٣,٥٧	جارنت كلسى حديدى يتبلل يتكون فى هيئة كروية ويتواجد فى الصخور الجيرية المتسولة حرارياً ، وكذلك فى الصخور النارية الغلوية .	٦, — ٧, ٥		×	×	×
يوفاروفيت Uvarovite (Garnet) $Ca_3 Cr_2 (SiO_4)_3$	مكعبى	٣,٩٠	جارنت كلسى كرومى يتكون فى بلورات من ذوات الأثني عشر وجهاً ، ويتواجد مع الكروم فى صخور السربنتين .	٦, — ٧, ٥		×		
سبستارتين spessartine (Garnet) $Mn_3 Al_2 (SiO_4)_3$	مكعبى	٤, ١٩	جارنت منجنيزى ألومينى ، يتكون فى بلورات ذوات هيئات متساوية (البولورات) تتساوى فيها جميع الأوجه من حيث المساحة والأبعاد) . يتواجد فى الصخور المتحولة الغنية بمنصر المنجنيز ، وكذلك فى العروق والصخور الجرانيتية .	٦, — ٧, ٥				
ألماندين Almandine (Garnet) $Fe_3 Al_2 (SiO_4)_3$	مكعبى	٤, ٣٢	جارنت حديدى ألومينى ، يتكون فى هيئة كروية ويتواجد فى الصخور الطينية المتسولة ، وينتشر تواجده فى الصخور النارية والبيجماتية .	٦, — ٧, ٥		×	×	×
جارنت Garnet Silicate of Fe, Mg,Ca,etc...	مكعبى	٣, ٥٨ ٤, ٣٢	اسم لمجموعة معدنية تعرف على أساس تراكيبها الكيميائية ، وتتميز عن بعضها بكثافتها النوعية ومسمايتها المجهرية ، تتكون فى هيئة بلورية متساوية أو فى هيئة كتلية ، زجاجية إلى ممشة ، تتجزء عارياً ، عدجة اللونان - أو قد تلدوب يبطء - فى حامض الأيدروكلوريك .	٦, — ٧, ٥		×	×	

جـ = أهر / برقلى

ب = أصفر / بلى
د = عديم اللون / أبيض

ا = أحمر / أزرق / قرينزى
د = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	المساحة	أ	ب	ج	د	هـ
كالكيدون مبرقش أو حل شكل رقائق (مرو رقيق الحبيبات) وقد يوجد حل شكل عقيدات فى صخور البازلت.	٢,٥٧ ٢,٦٤	سداسى	أجيت Agate SiO_2		x	x	x	x	x
يتكون فى هيئة بلورات رقيقة أو حل شكل مرو لفى دقيق أو حل هيئة حلقات الأتداء فى عروق الحارات المنخفضة وقد يتكون مائلا للفجوات الصغيرة.	٢,٥٧ ٢,٦٤	سداسى	كالكيدون Chalcedony SiO_2		x	x	x	x	x
كالكيدون (مرو دقيق الحبيبات) يتردد لونه ما بين الأحمر، والأحمر المشرب بالبنى.	٢,٥٧ ٢,٦٤	سداسى	كارنيان Carnelian SiO_2	٦,٥		x	x		
هو المعدن الغنى بالكالسيوم والألمنيوم فى نهاية المجموعة المعدنية المسماة إبيدوت (Epidote).	٣,٢١ ٣,٣٨	أحادى الميل	كلينوزوايت Clinzoisite $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$	٦,٥	x	x	x	x	x
شبه شفاف، البهش منه مبرقش أو حل شكل رائقات (كالكيدون) يوجد حل شكل حبيبات دقيقة مائلا للفجوات.	٢,٥٧ ٢,٦٥	سداسى	جاسبر Jasper SiO_2	٦,٥ ٧,—	x	x	x	x	
يتشعب بشكل عام ويتضرع (يوسف) فسفورياً) باللون البرتقالى، كما أنه يكتسب خاصية الكهروية الحرارية، ويتواجد فى الصخور الجيماتانية الحاملة لمعدن الليثيوم.	٢,٠٣ ٣,٢٢	أحادى الميل	سبديومين Spodumene Chinopyroxene $\text{Li Al Si}_2\text{O}_6$	٦,٥ ٧,—	x	x		x	x

جـ = أحمر / برتقالى

ب = أسفر / بنى
هـ = عديم اللون / أبيض

أ = أشعر / أزرق / قزمزى

د = رمادى / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزي (Non metallic Luster)

الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلوري	الكتلة النوعية	ملاحظات	الصلادة	أ	ب	ج	د	هـ
أندلسايت Andalusite $Al_2 Si O_5$	معيني	٣,١٣ ٣,١٦	خشن ، يتكون في شبه منشورات ، عادة يكون متغيراً ويتواجد في الصخور المتحولة حرارياً وإقليمياً .	٦,٥ ٧,٥	×	×	×	×	×
سيلمانايت Sillimanite $Al_2 Si O_5$	معيني	٣,٢٣ ٣,٢٧	يتكون في بلورات منشورية ، أو كتل ليفية أو خيطية ، زجاجي له تشقق واحد ، ويتواجد في الصخور المتحولة ، بدرجة عالية .	٦,٥ ٧,—	×	×	×	×	×
تريديمايت Tridymite SiO_2	معيني	٢,٢٥ ٢,٢٧	بلورات دقيقة نصالية ، زجاجي إلى للؤلؤ ، محاري ، يذوب في محلول كربونات الصوديوم المغل يتواجد في البراكين التي تغلف بحمم سيليكية .	٧,—	×	×	×	×	×
مرو (كورت أو كوارتز) Quartz SiO_2	سداسي	٢,٦٥	يتكون في هيئة منشورات سداسية فوق أطراف فردية أو ثنائية محطبة عمودياً على طول البلورة (وهذا يتكون في درجات حرارة منخفضة) أو على شكل هرمي مزدوج (يتكون في درجات حرارة عالية) أو في هيئة كتلية ، زجاجي ، محاري المكسر ، يسلوب في حامض الاييدروكلوريك ، واسع الانتشار في غالبية أنواع الصخور والمروق . ومن حيث اللون يمكن تميزه إلى : قرنفلي : مرو ودي أصفر : سترين (Citrine) قرمزي : أماتيث (Amethyst)	٧,—	×	×	×	×	×

جـ = أبيض / برتقال

ب = أصفر / يني

ا = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي

د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلابة	د	ج	ب	ا
يسى رماسى : كابرنيجروم (cairogroa) ملصق : مرو مدخن (Smoky)								
يشير اللون بتغير الاتجاه ، يتكون على هيئة حبيبات متفرقة ، له تشقق واحد جيد ، يتواجد فى الصخور المتحولة	٢,٥٣ ٢,٧٨	مصفى	كورديريت Cardierite $Mg_2 Al_4 Si_5 O_{18}$	٧, —	x			x
اسم للمجموعة معدنية تتميز أنواعها بشكل عام مجهولاً وقد تتميز على أساس اللون : أسود : شورل (Schorl) بلى : دراڤيت (Dravite) ثم قرنفل أو أخضر . . الخ . وقد يكون عديم اللون : إليبت (Elbait) ، يتكون فى بلورات منشورية مستطيلة خفيفة ولها مقاطع عرضية تشب المثلثات الكروية ، والبعض منه يظهر تتمشق ملون ومركزي . زجاجى إلى رائنجى ، هش ، يشحن كهربياً بالتمديد أو بالسخن . الأنواع الغنية بعنصر المغنسيوم تشتمع باللون الأصفر ، يتواجد فى الصخور البجائسية ، وعروق الحرارات العالية والصخور النارية والمتحولة .	٣,٠٣ ٣,٢٥	سداسى	تورمالين Tourmaline complex borosili- cate		x	x	x	x
تورمالين صوفى حادلى ، لونه أسود ، يتواجد فى الصخور النارية وصخور الشيبت والتابس .	٣,١٠ ٣,٢٥	سداسى	شورل Schorl $Na Fe_3 Al_6$ $(BO_3)_3 Si O_{12}$ $(OH)_4$	٧				x

جـ = أحر / برتقال

ب = أصفر / بلى
د = عديم اللون / أبيض

ا = أخضر / أزرق / قرمزي
د = رماسى / أسود

تابع معادن ذات بريق لافلزي (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلوري	الاسم والتركيب الكيميائي	الصلادة	أ	ب	ج	د	هـ
تنتشر فيه التوامة المنشورية الصليبية ، يُحترق إلى مسحوق ماغنسيوم ، يتواجد في صخور الشبث والتابس .	٣,٧٤ ٣,٨٣	معيني	شتورولايت Staurolite (Fe Mg Zn) ₂ Al ₉ (SiAl) ₄ O ₂₂ (OH) ₂	٧,٥	x	x			
منشوري الأطراف ، راتنجي ، البعض منه يتشعب بصفرة برتقالية ، يتواجد كمعدن إضافي في الصخور النارية وفي الرمال .	٤,٦٠ ٤,٧٠	رباعي	زركون Zircon Zr Si O ₄	٧,٥	x	x	x	x	x
يتكون حل هيئة منشورات محززة ، له تشقق قاعدي فقير ، البعض يتشعب ضعيفاً باللون الأسفر ، يتواجد في الصخور الجيئاتانية .	٢,٦٦ ٢,٨٣	سداسي	بيريل Beryl Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈	٧,٥	x	x	x		x
اسم لمجموعة معادن ، البعض منها له ألوان معدنة وخواص مميزة في العينات اليدوية ، شُمن ، حبيبي ، زجاجي ، مخاري ، البعض يتشعب باللون الأحمر إلى الأخضر للصفر ، يتواجد في الصخور النحولة ، وبخاصة الجيرية منها ، وكذا في الصخور الجيئاتانية وفي رواسب البرقة .	٣,٥٥	مكعب	سبيل Spinel Mg Al ₂ O ₄	٧,٥ ٨,—	x	x	x	x	x
يتكون في هيئة منشورات مُهْدَبة ، له تشقق قاعدي جيد ، يتواجد في مناطق التلاصق وفي الجريس (Gneiss) وفي الصخور الجيئاتانية .	٣,٤٩ ٣,٥٧	معيني	توباز Topaz Al ₂ SiO ₄	٨,—		x	x	x	x
يتكون في بلورات لها الشكل المهرسي شديد الانحدارات ، في شكل منشوري ، يتجزأ	٤,— ٤,١٠	سداسي	كورندم Corundum	٩	x	x	x	x	x

جـ = أهر / برتقال

ب = أصفر / بني
د = عديم اللون / أبيض

أ = انضر / أزرق / قرمزي
د = رمادي / أسود

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ملاحظات	الكتلة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيمائى	الصلادة	أ	ب	ج	د	هـ
تجزؤاً مهيئاً وقاعدية ، يكثر تواجده فى الصخور ناعمة السيليكات وفى رواسب البرقة .	٣,٥٠ ٣,٥٣	مكعبى	Al_2O_3 الماس Diamond C	١٠	x	x	x	x	x

ثانياً: كيف تستخدم جداول التعرف على الصخور؟

• ونرى أننا فى حقى عن ترديد التساؤل عن ماهية الصخر ؟ والمعدن والعنصر ؟ ولكن فقط لتذكر أن العناصر ، وما عرف منها حتى اليوم بما لا يجاوز المئة إلا القليل ، هى وحدات البناء لهذا الكون بعامة ، جماداته وحيواته ، وهى ابتداء عنصر الايدروجين ، ثم عناصر عديدة منه استحدثت ، ثم هى المعادن وهى الصخور بعد اتحاداتها . والعناصر عرفت ، ولم تزل تعرف ، إما بالبحث أو بالصدفة . ولقد تمكن مثلا (براندت) عام ١٦٦٩ من اكتشاف عنصر الفوسفور بتحليله معملياً لبول الإنسان ، وكان على الأرجح أول مكتشف لعنصر بالتحليل المعمل والدراسة ، ومن قبله عرف

الإنسان البدائي بعض العناصر الفلزية كالذهب والنحاس ، كما اكتشف الكيميائيون القدامى بعضها . ويمثل كل عنصر رمز . وكان ترتيب العناصر طبقاً لأزوانها الذرية المتزايدة خطوة هامة لصياغة الجدول الدوري الذى وضعه العالم الروسى « مندليف » عام ١٨٦٩ ، على أساس خاصى : (١) الصفات الكيميائية وبخاصة التكافؤ . (٢) انتظام الإلكترونات فى البناء الذرى . وقسم الجدول إلى صفوف أفقية وبمجموع رأسية ، ويلاحظ الآتى :

— فى الصفوف الأفقية ، يظهر تغير تدريجى فى الخواص مع زيادة العدد الذرى حيث يقل نشاط الفلزات ويزداد نشاط اللافلزات ، ويحدث نفس الشيء نزولاً فى الأعمدة الرأسية .

— ينعكس ذلك فى جميع الفلزات الأكثر نشاطاً وفاعلية كيميائية فى أسفل يسار الجدول ، بينما اللافلزات الأكثر نشاطاً وفاعلية فى أعلا يمين الجدول .
— تتركز المعادن الانتقالية فى وسط الجدول .

ولقد بقيت فراغات فى جدول « مندليف » ملئت بمعادنها التى عرفت من بعد .

ثم جاء بعد ذلك ف . م . جولد شмит الرائد فى وضع قواعد انتشار وتوزيع العناصر ، ووضع قاعدة تصنيفية جيوكيميائية جديدة للعناصر ، موضوعة أساساً على المشاهدة المباشرة لتوزيعات العناصر . يقوم هذا التصنيف على التساؤل القائل : لو أن الأرض فى بعض مراحلها الماضيات ، كانت قد عانت انصهاراً واسعاً ، ثم لو أن المائدة المنصهرة مع التبريد انفصلت تلقائياً إلى طور فلزى ، وطور كبريتيدى ، ثم طور سيليكاتى .. فكيف حيثئذ توزع العناصر نفسها بين تلك الأطوار الثلاثة ؟

نقول هذا الكلام ، لأن الانصهار هو بداية تكوين الصخور وهى ما كانت لتكون لولاه بداية . ولقد جاءت الإجابة القائمة على الشاهدة عبر سبل ثلاثة :

- ١ — من دراسة تركيب النيازك والأحجار السائوية ، مع اقتراض أن مصدرها وتركيبها يشبه الأرض البكر ، وأنها مرت بذات المراحل .
- ٢ — من تحليل خبث أو كبر المعادن الفلزية (Slag) (سيليكات) ومطأ أو خليط الكبريتيدات (Matte) فى العمليات الميتالورجية .

٣ - من متوسط تركيب الصخور السيليكاتية ، وخامات الكبريتيدات والتواجدات الشحيحة للحديد العنصرى فى قشرة الأرض .

وهنا سنجد نظرياً ، أن الفلزات الأنشط كيميائياً عن الحديد ، يفترض أنها تتحد مع السيليكا ، فتأخذ ما يكفيها ، ثم تعود السيليكا للتبقية لتتفاعل مع الحديد ذاته كلها أمكن ذلك . وأما الفلزات الأقل فاعلية كيميائية من الحديد ، فلن تكون لديها الفرصة لتتحد مع السيليكا وتكون سيليكات ، وإنما تبقى حرة (Free metals) مع ما تبقى من حديد لم يتحد بالسيليكا . فى قول آخر ، أن مصير أى فلز ، يتوقف كلية على الطاقة المحركة (Free energy) لتكوين سيليكاته . وهل أسس تلك المشاهدات اقترح «جولد شميدت» أن من المفيد أن ترتب العناصر إلى :

■ مجموعة عناصر سيلير وفيليه (Siderophil elements) وهى التى تتكون اختياريّاً مع الحديد العنصرى ، والتى يمتل محكزها فى لب الأرض الحديدى (Earth's iron core).

■ مجموعة عناصر كالكوفيلية (Chalcophile elements) وهى التى تتجمع فى الكبريتيدات ، ومن ثم ، فهى مؤشرات لرواسب خامات الكبريتيدات (Sulphide ore deposits).

■ مجموعة عناصر ليثوفيلية (Lithophile elements) وهى التى تتواجد عادة فى أو مع السيليكات أى الصخور السيليكاتية .

■ مجموعة عناصر أتموفيلية (Atmophil elements) وهى التى تتواجد فى الهواء والغازات الأخرى الطبيعية .

والجدول التالى يبين توزيع العناصر أو تصنيفها بحسب ما اقترحه «جولد شميدت» :

Goldschmidt's geochemical classification of the elements

Siderophile	Chalcophile	Lithophile	Atmophile
Fe Co Ni Ru Rh Pd Re Os Ir Pt Au Mo Ge Sn C P (Pb) (As) (W)	Cu Ag (Au)* Zn Cd Hg Ga In Tl (Ge) (Sn) (Pb) As Sb Bi S Se Te (Fe) (Mo) (Re)	Li Na K Rb Cs Be Mg Ca Sr Ba B Al Sc Y REE‡ (C) Si Ti Zr Hf Th (P) V Nb Ta O Cr W U (Fe) Mn F Cl Br I (H) (Ti) (Ga) (Ge) (N)	H N (C) (O) (F) (Cl) (Br) (I) Inert gases

وثاني بعد ذلك ، للمستقرات الأعظم لتلك العناصر ، وهي الصخور بعامه ،
والنارية منها على وجه الخصوص . والصخور النارية هي قطفات من حائل تبريد
الصهارة ، إذ انصهار الأرض في بداية نشأتها أمر لا جدال فيه ، ومن ثم ، فيما يسمى
بالفروض التطورية (Differentiation hypothesis) حقيقة وقعت وتقع ، وتبقى قواعد
الانتشار المنصري في الصخور النارية . وترجع في ذلك إلى ما قال به (باون Bowen)
(Raction Series) من أن معدن الأوليفين والبلاجيوكلاز الكلسي يظهر أولاً مع
الخففاض الحرارة . جزء من كل الأوليفين يتفاعل مع بقية الصهارة ليكون معادن
البيروكسين ثم الأمفيبولات ثم البايوتايت . . بينها تزايد نسبة الصوديوم في تركيب
البلاجيوكلاز . . وقريبا من نهاية عملية التبلور تلك ، يتكون المرو والفلسبار البوتاسي
جنباً إلى جنب ، مع البلاجيوكلاز الصودي . تلك هي القاعدة العامة ، ولكن لكل
قاعدة شواذها . .

وتبقى المشكلة الأهم ، وهي سلوك العناصر الأقل شيوعاً ، مع تلك المتغيرات .
فالمعادن متعاظمة التواجد تكون بنائيتها أو بلوراتها الخاصة بها ، متوقفة في ذلك حل
درجة تركيزها ووفرة عنصرها أو عناصرها في الصهارة . ولكن ما العمل ، لو أن
التواجد هو فقط أيونات قليلة من المنصر ؟ عندئذ ، فمن الممكن أن تلتقط في البنيات
البلورية للمكونات السيليكاتية الكبيرة ، إما بالإحلال بين متساويات الأشكال
(Isomorphous replcement) وإما بالإندراج العشوائي (Random inclusions) . . وإذا
ما سألنا ، ما هي البنود الحاكمة في ذلك ، فسنجد في حالة الاحلال :
١ - قد يحل المنصر الشحيح (Minor) كلية محل المنصر المتعظم (Major) لو أن

١- أهداف أقطار الأيونات لا تختلف فيما بينها بما لا يزيد على نحو ١٥٪ .
 ٢- إن الأيونات التي لا تختلف شحناتها الكهربائية ، بأكثر من وحدة واحدة ، قد تحمل سهولة عمل بعضها إذا ما تشابهت أنصاف أقطار الأيونات فيها .
 ٣- إذا ما كان هناك أيونان ، في قدرتهما شغل نفس المكان في تركيب بلورة معدن ما ، فإن الأيون الذي يترابط بقوة مع جيرانه . هو الأيون ذي نصف القطر الأصغر ، أو هو ذي الشحنة الكهربائية الأكبر ، أو كليهما معاً
 ٤- إن احتلال أيون عمل آخر يكون محدوداً جداً - حتى في حالة وفاء المتطلبات الحجمية - إذا ما كانت الروابط المتكونة تختلف في صفات التكافؤ .

وهكذا ، تختلف القواعد ما بين الصخور النارية والرسوبية والمتحولة وإن تكن الأسس واحدة . . وإنما أردنا فقط أن نلقى ضوءاً على كيفية تجمع العناصر ، ثم المعادن ، لتكون الصخور نهاية .



إذن فالعناصر تتجمع لتكون المعادن ، والمعدن إما عنصري ، وأما مركب كيميائي . فبعض العناصر تتركز لتكون معدناً من عنصر واحد فيصير معدناً عنصرياً (Native mineval) كالذهب والبلاتين . . ومنها ما استلزمت صيرورته إلى معدن ، ترابطه مع عناصر أخرى بروابط كهروكيميائية كالروابط الأيونية والتساهمية والفلزية ورابطة (فان ديرفال) . ليصير معدناً مركباً كيميائياً ، ولكن بتركيب محدد ملتزم يكون به في أقصى الشرق كما هو به في أقصى الغرب . . فالهاليت تركيبه كلوريد صوديوم ، ينسب محلاة ومعلومة في شمال أو جنوب أو في شرق أو غرب . . وأن تغيرت النسبة فليس بذلك المعدن . . حكمة الله ، وسبحان الله . . لا عشوائية ولا اعتباطية ولكن تصريف لكل شيء بقدر . . كيف تكونت المركبات الكيميائية بما أتاح الفرصة لعناصر تدخل في تركيب معدن معين أن تتجاذب وتتحرك لتتزوج فتكون عشاً للزوجية هي البلورة ؟ . . ذاك يستلزم بالقطع حرارة . . طاقة دافعة للحركة . . وكانت الحرارة من احتكاك العناصر وتزاحمها ، ربما للدوران الأرض بل الكون كله . . وربما لمحافظة التزاوج اقصد التجاذب . ألا ترى أنه نظام واحد حتى في الجمادات ، بله الحيوان لو كانوا يعلمون ؟ . ويقال بل جزء من الحرارة التي أدت إلى الترابطات بين العناصر لتصير

معادن ، أت من اشعاعات بعض المعادن .. المهم أن العناصر تُطبخ ، وبعد أن كانت مائة عنصر أو نحوها ، تغطى آلاف المعادن .. ومرة أخرى سبحانه من خلق ..

ونأتى إلى الخطوة الثالثة ، وهى ترابط تلك المعادن ، على اختلاف لا اختلاف ، ليس كل شىء بقدر . ترابطها لتصبح صخوراً . والصخر مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو أكثر .. وغالبية الصخور ، بل الصخور الأم ، هى ما تكونت فى الحرارة العالية من بعد انصهار صارت إليه العناصر ثم المعادن .. ومعادن السيليكات هى الأكثرية الغالبة ..

ونتقل إلى جدول تعريف الصخور ، وما ورد فيه قد يكون الأكثر شيوعاً بين أنواع الصخور ، ولكن ليس كلها ، فمحاولة تصنيف الصخور عامة وتسميتها يعتبر أمراً بالغاً حد الصعوبة حتى على المتخصصين . ويكفى هنا أن نقول أن من الصخور ما يمكن دراسة حبيباته مجهرياً . ومنها ما تختفى حبيباته حتى يستلزم المجهر . وستجد أن الجداول تنقسم إلى قسمين اثنين رئيسيين على أساس الصلادة ، ثم إلى أقسام أخر ، على أساس الأصل والنشأة . وفى حالة الصخور ، نستقدر الصلادة على أساس تعاملها مع الشاكوش الجيولوجى . فمن الصخور ما يחדش الشاكوش ومنها ما لا يחדشه . وقد أخذ الشاكوش معياراً لقياس الصلادة لأنه أداة الجيولوجى فى الحقل والذى لا يستغنى عنها . ومن الأفضل أن يحاول الجيولوجى خدش الشاكوش بالصخر وليس العكس . وكذلك من الأفضل استخدام عدة مختلفة مع العينة لتجريب ذلك ، لاحتفال اختلاف تركيز المكونات . بجانب ذلك ، فقيم بين حبيبات الصخور القابلة للكسر ، قد يلزم حث البعض منها ، وخاصة القطع الصغيرة على الشاكوش ثم فحص مكان الاحتكاك بواسطة عدسة يدوية . وهى من أدوات الحقل اللازمة لكل جيولوجى ، لرؤية الخدش من عدمه . وعموماً ، فإنه يقترح الآتى ، لاستخدام الجداول الخاصة بتعريفات الصخور :

١ - معرفة درجة التجيب أو حجم الحبيبات ، وهل هى مجهرية أو غير ذلك .
استخدم جدول ١ ، ٢ .

٢ - معرفة الصلادة : فى حالة ما إذا كانت أقل من صلادة الشاكوش (أى تחדش بالشاكوش) استخدم جدول ٢ .

٣ - النسيج : وهو علاقة الحبيبات المكونة للصخر بعضها ببعض الآخر ، أو هو

المادة الهندسية للوحدات التي يتكون منها الصخر ، وتحتوى الحجم والشكل ، ومن أنواعه : النسيج اللينى ، والمتجانس ، والمتداخل ، والخفيف والمصمت والمساخى والاسفنجى والزجاجى . . الخ . فإذا ما كان نسيجاً متداخلاً ، استخدم الثلث الأيسر من الجدول .

٤ - قد يكون الصخر :

أ - الملح الصخرى إذا كان المذاق ملحاً .

ب - جبس إذا أمكن خدشه بظفر اليد .

ج - حجر جبرى أو رخام كلسى إذا أعطى فوراناً نشيطاً مع حامض الأيدروكلوريك المخفف .

د - حجر دولوى أو رخام دولوى (Dolmitic) إذا أعطى فوراناً بطيئاً مع حامض الأيدروكلوريك .

هـ - صخر أنهدرايت إذا لم يظهر شيئاً مما سبق .

٥ - وقد يكون :

أ - حجم الحبيبات أو التجبب شبه مجهرى ، استخدم الجدول ٣ .

ب - الصلادة أعلى من الشاكوس (تخدش الشاكوش) ، استخدم القطاع العلوى من الجدول .

ج - عندئذ يكون الصخر واحداً مما يلى : فلسايت ، أو بازلت ، أويسيدبان ، أو خرفش (Pumice) (وهو صخر بركانى خفيف أو به ثقب تملأها الغازات والهواء) . وكل منها يعرف على أساس الملاحظات الواردة بالجدول .

جدول للتعرف على الصخور - الصلابة أكبر أو أصغر من الشكش

•	تقلى طاقى	تقلى / تقلى	معرّف		حيات متجانسة	
محول Meram.	رسوبى / باصلى Sed/Diag.	قارى / تقلى Igm/Pyrocl.	محول Meram.	محول Meram.	رسوبى وتغير ما يلقى Sed/Diag.	قارى Igneous.
كوارتزيت : أساسا من الزرد ، له مكرر عازى ، قلد يكون رسوبى . رسميت صخوى : رسميت مسامية وتلايد في سادة أو أرضية من كوارتزيت محول .	تكون الصخور من كسرات مستحيلة كسرات مسامية . نوبا . رسميت (كوتيلوبيات) : كسرات مستوية أكبر من ٢م بريشة رسوبية : كسرات زلوية أكبر من ٢م حجر رطب : حيث من ١٦/١ - ٢م مود أكبر من ٧٥٪ أكروز :	الصخور الأريسة الاولى في حله الجموية سهلة على أساسي حجوم الكسرات التي تكون ٥٠٪ أو أكثر من حجم الصخور . رواهي بركانية : (Agglomerates) مفلوقات طفيفة ثقافت بما البراكين تصطب حوالا وتكون من حيات بركانية يقل تقريبا من ١٤م - ٧٥٪ بريشة طفيفة حاسوبية : أكروز :	يشيع زرد الزرد في كل هذه الصخور محصدا صخر أصفرات . صخور ثلثي : تكون غسلقة على شكل رقات تكون من حيات جنية . أصفرات : زينة رطبي حلق متخرج لل الأسو ، به حيات ذات أحجام متوسطة ، لا يتعد مود . شيت : مكيفات	كل الصخور نسا هذا صخر وللايت في المود الجاور بدارا هي أيضا قد تحوى عمل حبيبات متجانسة . كوارتزيت : صلابة = ٧ زباني له مكرر عازى .		بعد التعرف على الكسرات المديية الاجنح للجدول صخور جرانيتية : ● مود ٢٠ - ١٠٪ ● للبيارات كثرية تزيد أو تنقص أو تقل من البلاجيوكلاز . ● محافل ملزنية ١٠ - ٤٠٪ ● صخور سيلابية : ● مود أقل من ٢٠٪ ● للبيارات قليلة قد تصل إلى ١٠٪ ● محافل ملزنية أقل

						تركز على من الملان التي التي يغلب في تركيبها عنصر الحديد والألمنيوم وتبا واحد أو أكثر من العناصر بنسبة ٩٠-١٠٠٪.
--	--	--	--	--	--	--

جدول التعرف على الصخور - الصلاة أقل من المشاوش

صخور ذات مظهر زرق	صخور ذات سمات متماثلة	
	صخور ذات سمات متماثلة	صخور ذات سمات متماثلة
صخور كتارية فلتية و/أو طبقية أو من رقائق sedimentary / رسوبية / Diagenetic ما بعدى	صخور فلتية Metamorphic متحولة	صخور كتارية أو دولوميتية Metamorphic متحولة
صخور جيرية فلتية Classic limestone : صخور على كرات وجزيئات ورسوبية جيرية (Oolite) رسوبية أجسام كروية أو إهليلجية	صخور فلتية Tilted Schist : صخور فلتية ، له سطح متساو ، يُحْدِثُ مظهر اليد ، تُحْدِثُ مظهر تورق .	صخور كتارية أو دولوميتية Rock Salt : له مناطق صخرية Ergamon : يُحْدِثُ مظهر صخر الجبس .

<p>اليد .</p> <p>صخر ألبترانيت : Anhydrite صلافة ٣٠٥ .</p> <p>صخر جيرى : Limestone فوران</p> <p>سريع مع حامض الأيدروكلوريك</p> <p>المصنف .</p> <p>صخر دولوى : Doloston فوران بطيء</p> <p>مع حامض الأيدروكلوريك المصنف .</p>	<p>الأيدروكلوريك .</p>	<p>صخر الصابون : soapstone يشبه</p> <p>النسب العظمى إلا أنه غير متورق .</p> <p>سرينتيليت : Serpentine لونه</p> <p>أخضر ، صلافة ٢٠٥ - ٢٠٥ شمس إلى</p> <p>شمس الظهر .</p>	<p>قد تحتوي على نواة . وترتد أظفارها بين ١٠٠، ٢٥ سم و٢٠ سم . ولكل منها تركيبة مركزى أو مشمع أو كلاهما ، وتكون في العادة من اللثة الجيرية أو السيلكية أو الغصائية أو غيرها . . . كذلك قد تتواجد متكررات أخرى صلبة تقود بقوة مع حامض الأيدروكلوريك المصنف .</p> <p>صخر دولوى : (Dolostone) كما سبق ولكن الفوران مع حامض الأيدروكلوريك يكون أيضا . .</p>
---	------------------------	---	---

جدول التعرف على الصخور دقيقة الجسيمات أو الزجاجية

نارية (Igneous)	فائقة حرارية (Pyroclastics)	رسوبية / ما بعدية (Sedimentary / Diagenetic)	متحولة (Metamorphic)
<p>صلاية أكبر من صلاية الشاوش للسايت (Felsite) فاتح اللون . بازلت (Basalt) رمادي سمود إلى أسود اللون اللبني باهتة ، شظايا لوزاني أو حيصل . سبيدي أو أوبسيديني (Obsidian) زجاجي - رمادي سمود أو بني خطف ، شبه جزي يكون شرايح رقيقة ، له لمعان زجاجي . فركلي (Pumice) زجاجي ، رمادي الظفر . صلاية أقل من صلاية الشاوش</p>	<p>ظلف رمادي مبيدك له ملمس خشن .</p>	<p>قوان (Chert) له لمعان غزافي ومكس عاري . ظفل (ظفان) (Shale) يصكك بسهولة ، متفك ، حين يوطب أربيل يسطر رائحة الطين . لحم (Coal) له لون وقش (Slick) مربوف ، لمعان دافن أو ساطع حتى . صخر الجبس (Rock Gypsum) يجلس يظهر اليه . صخر الأهدريت (Rock Anhydrite) صلاية 2,0-3,0 . صخر جيري (Limestone) لوزاني سريع مع HCl . صخر دولومي (Dolomite) لوزاني بطيء مع HCl . صخر طيني (Claystone) حين يوطب يسطر رائحة الطين وله ملمس ناعم ، ينضم باللمعان ، عا لوزاني مع HCl .</p>	<p>إرناوز (State) ينطق بزايعة مع السجري الطافي ، ولكن في تنقعات حوزانية . فيلانيت (Phyllite) يصف بللمان على سطوح التورق ومعدية يكون صفيتا . الصخر الأخضر greenstone وهو اسم قديم استخدم في لطل الجيولوجي ويطلق على الصخور النارية القديمة المتحولة وفيها من ذرات اللون الأخضر بسيت وتوجد صفات على الكوارزيت والفيليت والبيدوت فيها . وهو يكون في خفيرة الزبون ، وله لمعان دافن ومكس شبه عاري . مليونيت (Mylonite) له مظهر كدر وتعري معدية على شظايا مقلبة ، وهو صخر متحول ناتج عن التفت الصيف الصخر سابقا انقيا الصمغ الناتج من حركات الطي .</p>

الباب السابع

الزمن الجيولوجى (Gologic time)

يؤخذ الزمن الجيولوجى المتسع ومحاولات تقديره كأساس لمحاولة فهم تاريخ الحياة ، ودور الحفريات فى نظرية التطور . ما هو إذن مقياس الزمان الجيولوجى ؟ إنها قائمة الأحقاب والعصور الجيولوجية مرتبة ترتيباً زمنياً ، ويبين أمام كل منها العمر المطلق بملايين السنين . كيف يقاس الزمان الجيولوجى ؟ الزمن الجيولوجى النسبى يقوم على النظام المتعاقب للحوادث من أقدمها إلى أحدثها دون معرفة متى حدثت تلك الأحداث ؟ فيقدر الزمن النسبى أساساً باستخدام الحفريات . ومن ناحية أخرى ، فإن الزمن الجيولوجى المطلق يقوم على عدد السنوات الماضية قبل حاضر الناس ، والى حدثت فيها تلك الأحداث . ويقدر الزمن الجيولوجى المطلق بالتاريخ الاشعاعى للصخور . مرتبطا بالأحداث البنيوية التى أعثرت الصخور .

إن دراسة الحفريات ، ومبادئ مضاهاة الطبقات ، يقود إلى نشأة مقياس الزمان الجيولوجى المستخدم كما فى الجدول الألاحق . هذا السلم الزمنى كان أساساً مقياس

زمنى نسبى قام على أساس أحداث حُفِظَتْ في سجل الحفريات ، ثم بعد ذلك ، مكن اكتشاف ما سُمى بالساعات الاشعاعية في الصخور ، الجيولوجيين من تحديد عدد السنين التى تفصل ما بين يومنا هذا ، وزمان حدثت فيه أحداث . . ومن هنا تبلورت الأعمار المطلقة ، وهذه قائمة على تحديد المعادن المشعة في الصخور . ثم تقرير نسب ما تحول منها وما لم يتحول إلى نظائر مشعة أو مستقرة خاملة كتحويل عنصر اليورانيوم إلى رصاص . بحسابات معقدة يمكن تقدير العمر المطلق لمثل تلك المعادن ، ومن ثم، عمر الصخور بلوغاً إلى عمر الأرض .

ولقد كانت النشأة الأولى للمقياس الزمنى الجيولوجى مرتبطة بدراسة تاريخ الحياة ، وذلك لأن ظهور واختفاء أو انقراض الحيوانات والنباتات ، كان يستخدم كقواصل بين أقسام المقياس . ولقد اصطلح عبر سنوات القرن الثامن عشر على أن الصخور الرسوبية على سطح الأرض ، يمكن أن تقسم إلى وحدات زمنية نسبياً على أساس الحفريات المحتواة فيها . ولقد لوحظ أن هناك نظاماً يحكم ظهور واختفاء أو انقراض الحفريات في التتابع الصخرى ، وأن ذاك النظام ، كان هو ذات النظام في الصخور المتنوعة التى تمثل بيئات مختلفة ، حتى ولو كانت في مناطق متباعدة والبن فيها جد شاسع . تلك كانت المشاهدات التى اتخذت أساساً لما عُرف بعد ذلك بقانون المضاهاة . . حتى كان التقدير المطلق .

ولقد سميت الأحقاب بترتيبها الزمنى مما قبل حقب الحياة القديمة ثم الحياة القديمة ذاتها ، ثم الحياة الوسطى ثم الحياة الحديثة . أما الأدوار والفترات والأكثر تفصيلاً ، فلقد كانت مسمياتها طبقاً لخواص زمانية أو وصفية أو مكانية . فمن حيث الخواص الزمانية نجد الدور الثالث أو الرباعى ، ونجد مثلاً فترة البليوسين (Pliocene) وهى خامسة قترات حقب الحياة الحديثة ، وقد اشتق الاسم من كلمتى (pleion) ومعناها كثير (Cenozo) ومعناها حديث ، وهى الفترة التى كثرت فيها نسبة الأحياء الحديثة ، وبدأ فيها ظهور الإنسان ، وانتهت منذ حوالى ٢ مليون سنة . وأما ما سُمى بخواصه الوصفية ، أى نسبة إلى صخور أو ظواهر سادت فيه ، فهناك الدور الكربونى مثلاً ، وهو الدور الخامس من حقب الحياة القديمة ، ويدل اسمه على وفرة الفحم بين صخوره ، والذى هو بقايا نباتات غير مزهرة ، ازدهرت من قبل في غابات شاسعات وقد انتهى منذ حوالى مائتى وخمسة عشر مليون سنة . وهو في الجدول اللأحق مقسم مكانياً إلى دورين هما ما نُسباً إلى نهر الميسيسى وينسلفانيا . أما لو أخذنا الدور الطباشيرى مثلاً للتقسيم

الوصفي ، فهو الدور الأخير (الثالث) من حقبة الحياة الوسطى اشتق اسمه من كلمة (Creta) بمعنى طباشير ويدل اسمه على كثرة الصخور الطباشيرية فيه .

وأخيرا ، علينا أن نلاحظ بأن أقسام السلم الزمني هذا ، غير متساوية على الإطلاق ذلك لأن ما بينها من حدود وفواصل قد وضعت بداية على أساس الأحداث الجيولوجية والبيولوجية .

مقياس الزمان الجيولوجي (Geologic Time Scale)

أحقاب (Eras)	أدوار (Periods)	فترات (Epochs)
حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic)	الدور الرابع (Quaternary)	حديث (Recent) ٠,٠١ بلستوسين (Holocene)
	الدور الثالث (Tertiary)	١,٥ ٧ ٢٦ ٣٨ ٥٤ ١٠ ١٣٦
		٧ ٢٦ ٣٨ ٥٤ ١٠ ١٣٦
		٧ ٢٦ ٣٨ ٥٤ ١٠ ١٣٦
حقبة الحياة الوسطى (Mesozoic)	الدور الطباشيري (Cretaceous) الدور الجوري (Jurassic)	١٣٦
		١٩٠

٢٢٥	الدور الترياسي (Triassic)	حقب الحياة القديمة (Paleozoic)
٢٨٠	الدور البرمي (Permian)	
٣٢٠	الدور البنسلفاني (Pennsylvanian)	
٣٤٥	الدور الميسيسيبي (Missippian)	
٣٩٥	الدور الديفون (Devonian)	
٤٣٠	الدور السيلوري (Silurian)	
— ٥٠٠	الدور الأوردويسي (Ordovician)	حقب ما قبل الحياة القديمة (Precambrian)
٥٧٠	الدور الكمبري (Cambrian)	
٥٧٠	إلى المجهول	

- * الأرقام تعطى للتواريخ بملايين السنين قبل اليوم .
- * الدور الترياسي عند البعض يلحق بحقب الحياة الوسطى وعند آخرين بحقب الحياة القديمة كما هنا .
- * الدور الكربوني قُسم في هذا الجدول إلى دودين الميسيسيبي والبنسلفاني .

وتعتبر قاعدة المضاهاة بصفة خاصة ، هامة ، لأنه لا يوجد في مكان واحد من العالم تنبأها كاملاً مكشوفاً من الصخور الرسوبية ، بحيث يعكس طول الزمن من نشأة

الأرض حتى يوم الناس هذا . ومن ثم ، فنحن ملزمون بأن نطابق المكاشف الجيولوجية للصخور الرسوبية على اتساع المسافات والمساحات من أجل أن نعيد تصور التاريخ الجيولوجي للأرض . وعندئذ ، توضع الأحداث الجيولوجية في نظام تناسبي ، ثم بمضاهاة مكاشف الصخور الرسوبية على ما تحتويه من حفريات ، يمكن أن يظهر للوجود تدريجياً ، تقدير للزمان الجيولوجي . معنى ذلك أن للسلم الزمني يقوم أول ما يقوم ، على أحداث عظام ، جيولوجية وبيولوجية ، حُفظت لنا في كتاب الزمن الخالد وهو سجل الصخور . هذا معناه أن المقياس الزمني الجيولوجي ، كان أساساً مقياساً زمنياً نسبياً نُظمت فيه الأحداث تعاقبياً ، ولكن دون تحديد طول زمني يفصل ما بين زمان الأحداث و زمان الناس .

كيف من بعد أمكن تحديد الزمن المطلق ؟ بمعنى كيف أحصيت السنين عددا ؟ الجواب ، هو كما قلنا بالتأريخ الاشعاعي على الصخور . فهناك عناصر مثل اليورانيوم والروبيديوم والبوتاسيوم ، لها نظائر مشعة غير ثابتة تتحلل تلقائياً ، بلوغاً لشكل ثابت لعنصر آخر . فمثلاً اليورانيوم المشع ٢٣٨ يتحلل عبر العديد من المخطى ليبلغ الرصاص الثابت ٢٠٦ . هذا التحلل والتحول ، يتم بمعدل ثابت رغماً عن ظروف داخلية أو خارجية ، يتعرض لها العنصر . . ويمكن قياس معدل التحلل ذاك بكثير من الدقة . وعلى ذلك ، فبمعرفة المدى الزمني لتحلل نصف المادة المشعة الأصلية ، إلى ابنتها الثابتة (العنصر الثابت) (وهي فترة زمنية تسمى نصف حية النظير (Isotope's half-life) ، ثم بمقارنة كمية العنصر الأب المشع الموجود فعلاً ، مع الكمية من المادة الابنة ، فإن المرء يمكنه أن يحسب كم عمر الصخر المحتوي لها . إن التأريخ الاشعاعي عندئذ يسمح بتقدير المدى الزمني لأي حدث مسجل في سجل الصخور .

ويتقسم السلم الزمني إلى أقسام كما قلنا ، لا تتساوى في أطوالها ، ولا يكون في الامكان تحديد مداها تحديداً قطعياً لأن البدايات والنهايات تكاد تكون غير محددة تماماً . . وإنما هي قائمة حل أحداث جيولوجية وبيولوجية . . الحقيقة الثابتة أن الزمان الجيولوجي زمان طويل طويل . . ولئن عُرفت بعض نهاياته ، فإن بداياته تضرب بجنورها في أحراق المجهول . ومن ثم فدراستنا للجيولوجيا إنما تتبع المنهج الاستردادي . . ولكي تتضح صورة الأبعاد الكبيرة للزمان الجيولوجي ، فقد عملت

محاولة للمقارنة بأحداث جسام في حياة الإنسان ، على النحو التالي في أجدنة واحدة وفي نظام استراتيجاتي تنابعي ، أقدمها في أسفل الجدول وأحدثها في رأسه :

التاريخ الجيولوجي للأرض مُتضمنًا في نتيجة سنة واحدة
ومقارنتا نسبيًا بأحداث عظام مَرَّت في حياة البشرية

الحداث	سنوات مرت ليل يومنا هذا	باعتبار عمر الأرض سنة واحدة لكم مر من أيامها عند حدوث ذلك الحدث	ما يقابل ذلك من تاريخ القراض
نهاية الحرب العالمية الثانية	٤٥ سنة	٣٦٤,٩ يوما	٣١ ديسمبر
نهاية العصر الجليدي	١٠,٠٠٠ سنة	٣٦٤,٩	٣١ ديسمبر
ظهور الإنسان الأول	١,٧٥ مليون سنة	٣٦٤,٩	٣٠ ديسمبر
بداية العصر الجليدي	٣, — مليون سنة	٣٦٤,٧	٢٧ ديسمبر
ظهور الحصان الأول	٥٥ مليون سنة	٣٦٠,٥	٢٦ ديسمبر
انقراض الديناصورات	٦٥ مليون سنة	٣٥٩,٧	٢١ ديسمبر
أول نباتات مزهرة	١٣٠ مليون سنة	٣٥٤,٥	١٩ ديسمبر
أول طيور	١٦٠ مليون سنة	٣٥٢, —	١٤ ديسمبر
أول ثدييات	٢١٥ مليون سنة	٣٤٧,٦	١١ ديسمبر
أول ظهور الديناصورات	٢٥٠ مليون سنة	٣٤٤,٧	٧ ديسمبر
أول برماليات	٣٦٠ مليون سنة	٣٣٥,٨	٢٧ نوفمبر
أول نباتات الأرض	٤٢٠ مليون سنة	٣٣٠,٩	٢٣ نوفمبر
أول الأسماك	٤٧٠ مليون سنة	٣٢٦,٩	٥ نوفمبر
أول ظهور الحيوانات			
متصلة الخلابا	٧٠٠ مليون سنة	٣٠٨,٢	١٦ أبريل
أقدم الحفريات	٣,٥ بليون سنة	١٠٥,٤	
تكوين الأرض	٤,٥ بليون سنة	مجهول حتى نصف أول البداية	أول يناير

وإذا ماضينا مع التقديرات العلمية لأبعد من ذلك فسنجد :

— تكونت عناصر مجرة سكة التبانة أو اللبنانة - مجرتنا - من - ٦,٥ — ٧ بليون

سنة .

— تكثفت الشمس على حالها الراهنة منذ - ٦,٥ بليون سنة .

- أجنة الكواكب تكوَّبت على وضعها الحال منذ ٥ بليون سنة .
- حدث الفصل الكيميائي في مادة الكواكب ، فصار للأرض مثلاً لبُ وغلابل وقشرة منذ ٤,٧ بليون سنة .
- ثم كانت القشرة الخارجية والدائمة للأرض منذ ٤ بليون سنة .. كانت أول صخور عرفت .

ملحق ١ : الرموز الكيميائية للعناصر والمعادن :

لقد أعطى كل عنصر كيميائي رمزاً من حرف أو حرفين يشيع استعماله في المعادلات الكيميائية عالمياً، كما في الجدول التالي. ولكي نتعلم كيف نقرأ معادلة كيميائية قد تكون أسياً لمعدن ما، علينا أن نتأكد أولاً من وجود نوعين أساسيين من المركبات هما، الكاتيونات (Cations) والأنيونات (Anions) وهما معا يكونان مجموعة أنيونية (Anionic Group). الكاتيونات دائماً موجبة (+) الشحنة، أما الأنيونات فسالبة (-) الشحنة. وعادة تكتب الكاتيونات أولاً في المعادلة، بمعنى ظهورها إلى اليسار، وأما الأنيونات فتتولها ميئاً. وقد توجد فرادى أو متعددة. فمثلاً في معدن كرويانايت (Cubanite $Cu FeS_2$) نجد النحاس (Cu) والحديد (Fe) هما معاً من الكاتيونات، أما الكبريت (S) فهو الأنيون، والمعدن هو كبريتيد النحاس والحديد. تتكون المجموعات الأنيونية من عنصر موجب الشحن مرتبط مع الأكسجين (O_2) بحيث يسلك معاً مسلكاً ذاتياً سالب الشحنة وتظهر الأمثلة على ذلك جلية في الكبريتات $^{2-}(SO_4)$ والسيليكات $^{4-}(SiO_4)$ والفوسفاتات $^{3-}(PO_4)$ والكربونات $^{2-}(CO_3)$. وعادة تكتب المجموعات الأنيونية محاطة بقوسين أو هلالين، وإن لم يكن ذلك ضرورياً.

ويعتبر معدن بيرلينيت (Berilite Al PO_4) ومعدن بيروسايت (Ca^{2+} - Usoite Mn^{2+}) $(\text{PO}_4)_2$ $(\text{Mg})_2$ كلاهما من الفوسفاتات . وجود تنابع من العناصر بين فوسين وشيرولين عن بعضها بفاصلة يوضح أنه يمكن أن يحدث إحلالاً متبادلاً لكل منها ، إلا أن الأول إلى اليسار يكون الأكثر وفرة ، وربما كان الأهم . . وعلى الجانب الآخر من المعادلة نرى

غالباً اثنتين أو أكثر من مجاميع الأنيونات إضافة إلى كل من مجموعة إيدروكسيل وماء (H_2O) . كل ذلك يعتبر أساسياً إذا ما وردا كل في مجموعته من الأقواس ، مثلاً . . معدن الكالكوپيللايت $33H_2O(OH)_{27}(SO_4)_3(AsO_4)_3Al_3Cu_{18}$ (Chalcopyllite) يمكن أن يعبر عنه بأنه إيدروكسيد كبريتات أرزينات الألمنيوم والنحاس المائي . ونضيف هنا أمثلة أخرى قليلة لتوضيح منطقية هذا الكلام . معدن فورسترايت ($Forstrite Mg_2SiO_4$) سيليكات الماغنسيوم . ومعدن رودونايت ($Rhodonite (Mn,Fe,Ca,Mg) SiO_3$) هو أيضاً سيليكات الماغنسيوم . فمن المعروف أن الحديد والكالسيوم والماغنسيوم تحمل محل التنجيز في معدن رودونايت ولكن التنجيز لا بد أن يكون سائداً . ولو أن عناصر الحديد أو الكالسيوم أو الماغنسيوم كانت هي السائدة ، ووردت سابقة للتنجيز ، فلن يكون المعدن عندئذ رودونايت .

في بعض المعادن مثل الكثير من مجموعة زيولايت يحل الألمنيوم تبادلياً مع السيليكون ، ومن ثم ، يشار إليها تجاوزاً بسيليكات ألومينية ، أما معدن ستيلبايت $Stilbite Na, Ca_2$ $14H_2O(AlSi)_3O_8$ فيعبر عنه بالسيليكات الألومينية للصوديوم والكالسيوم المائية .

العناصر الكيميائية والمجموعات الأنيونية التي تدخل في معادلات كيميائية للمعادن الشائعة نسبياً . وللسهولة فقد رتبنا العناصر بأبجدية الحروف اللاتينية تبعاً للرموز ، أما المجاميع الأنيونية فمرتبة أبجدياً بالحروف اللاتينية الأولى لكل مجموعة .

المجموع الأنيونية				العنصر الكيميائي	
زرنيخت	AsO_4	نتروجين	N	فضة	Ag
بورات	BO_3	صوديوم	Na	ألومنيوم	Al
كربونات	CO_3	نيوبيوم	Nb	زئبق	As
كرومات	CrO_4	نيكل	Ni	ذهب	Au
مولبيدات	MoO_4	أوكسجين	O	بورون	B
نترات	NO_3	فوسفور	P	باريوم	Ba

هيدروكسول	OH	رصاص	Pb	بريليوم	Be
فوسفات	PO ₄	بلاتين	Pt	كربون	C
كبريتات	SO ₄	كبريت*	S	كالميوم	Ca
	SiO ₄	سيلكا	Si	سيريوم	Ce
	Si ₂ O ₇	فصلير	Sn	كلورين*	Cl
سيليكات	SiO ₃	سترونشيوم	Sr	كوبالت	Co
	Si ₄ O ₁₁	تتال	Ta	كروم	Cr
	Si ₂ O ₅	توريوم	Tl	نحاس	Cu
يورانيات	UO ₂	تيلان	Ti	فلورين*	F
		يورانيوم	U	حديد	Fe
فانادات	VO ₄	فاناديوم	V	ايدروجين	H
		تنجستن	W	زئبق	Hg
تجستات	WO ₄	زنك	Zn	پوتاسيوم	K
		زركون	Zr	ليثيوم	Li
				ماغنسيوم	Mg
				منجنيز	Mn
				موليبدينوم	Mo

* هذه العناصر تعمل كأكسيدات ، المركبات الناتجة تسمى على سبيل المثال أكاسيد ، فلوريدات كبريتيدات ..

كتب وبحوث لتقرأ في هذه المجالات

- بحوث -

- 1- Awadallah, M.F. (1972): Petrological and geochemical studies on Gabal Dokhan volcanics, E.D., Egypt. M. Sc. Thesis, Cairo University.
- 2- Awadallah, M.F. (1979): Petrological and geochemical studies on Young volcanics, E.D., Egypt. D. Ph. Thesis, Cairo University.
- 3- Awadallah, M.F. and Shaalan, M.M.B (1979): Petrological and geochemical studies on Gabal Mirer metavolcanics, CEEd, El Sevier sci. pub. co, Amestrdam, ch. Geol; 26.
- 4- Awadallah, M.F (1980): Petrochemical and geochemical studies of volcanic rocks of Bahariya, Oasis, WD,G.S. Annals, vol X.
- 5- Awadallah, M.F., and Kamel, O.A. (1981): Petrography and geochemistry of Gabal Kadabora El-Hamra, Gabal Abu Dob granitic massif, CED, Egypt. J. Geol., 25.
- 6- Awadallah, M.F. Shaalan, M.B. and Khalil, M.M. (1982): Geochemistry of El-Heiz low grade iron ore. B.O., WD., G.S. Annals.
- 7- Awadallah, M.F., Shaalan, M.B. and Khalil, M.M. (1984): Petrography and diagenesis of El-Heiz Ferruginous sandstones, B.O., WD., Egypt. J. Geol. Vol 28.
- 8- Awadallah, M.F. (1985): On the petrography and geochemistry of the lower Tertiary sediments of Beni mazar area, E.D., G.S. Annals.
- 9- Awadallah, M.F. (1985) Petrographic and geochemical characteristics of some dikes SE Aswan, G.S Annals.
- 10- Awadallah, M.F., Shaalan, M.B., Takla, M.A. and Wetait, M.A. (1985): Petrology and geochemistry of the metamorphic granitic and syenitic rocks of wadi Arab, Aswan area, 13th coll. Africa geol., St Andrews, CIFEg, Paris.
- 11- Awadallah, M.F. and Wali, A.M.A. (1986): On the mineralogical and geochemical characteristics of the Hagif gypsum varvitic deposits, NWD, G.S. Annals.
- 12- Awadallah M.F., and Shaalan, M.B. (1986): Comparative study of petrography and geochemistry of Sabir, Surdud and Zabid Tertiary alkaline granites, YAR, Bull. Fac. Sci. Cairo University.

- 13- Awadallah, M.F. (1986): Petrology and geochemistry of the granitic massif of Gabal El Abyad, SED, Egypt. The int. congr. for stat., comp. Sci, Soc. and demog. research, sci comp. center, Ain Shams University.
- 14- Basta, E.Z., Kotb, H. and Awadalla M.F. (1979): Petrochemical and geochemical characteristics of the Dokhan formation at the type locality Gabal Dokhan, ED, Egypt, IAC., Jeddah.
- 15- Dabbous, A., Awadallah, M.A, El Kammar, A and Selim, S. (1988): Geochemical classifications of some lower Tertiary limestones and shales from upper Egypt as raw materials for portland cement industry, 1st conf. geochem., Fac., Sci, Alex., university.
- 16- Dardir, A., Awadallah, M.F. and Abu Zeid, K. (1982): A new contribution to the geology of Gabal Dokhan volcanics, E.D., G.S. annals.
- 17- El Arif, M. Awadallah, M.F. and Ahamed, S. (1986) Karst landform development and related sediments in the Miocene rocks of the Red Sea coastal Zone, Egypt , Geolische Rundschau 72-13.
- 18- El Beshtawy, M.K. (1989): Biostratigraphical and paleo environmental studies on the late Cretaceous-Early Tertiary of the region between Wadi Tayiba and Wadi Feiran, W.C. Sinai, Egypt. M. Sc., Banha Fac. of Science.
- 17- El-kammar, A., Selim, S. and Awadallah, M.F (1981): Mineralogical and geochemical specifications of some portland cement raw materials from Upper Egypt. Sci pub., Fac. Sei, Cairo Univ.
- 20- Hamimi, Z. (1988): Geology and structure of Gabal El-Hadid area, E.D. Egypt, M.Sc. Fac. Sci., Banha.
- 21- Mohanna, A. (1988): geological and radiometric investigations on some minerals in Sinai, Egypt, M. Sc. Thesis, Suez Canal University.
- 22- Shaalan, M.B., Awadallah, M.F. and Khalil, M. (1984): Mineralogy of El Heiz ferruginous sandstones, B.O., WD., Egypt. J. Geol., vol 28.
- 23- Shaalan, M.B. and Awadallah, M.F. (1985): Petrography and geochemistry of Ghada volcanics, Darb-El Bahnsawy, WD. Egypt., Bull. Fac-Sci., Cairo University.
- 24- Shaalan, M.B., Awadallah, M.F. and Wetait, M.A. (1985): Barite mineralization in wadi Arab, Aswan area, Egypt., Bull. Fac. Sci, Cairo Univ.
- 25- Shaalan, M.B. and Awadallah, M.F. (1986): Opaque mineralogy and petrochemistry of some Quaternary basalt, North Sanaa YAR, G.S. annals.
- 26- Takla, M.A., Awadallah, M.F., Shaalan, M.B. and wetait, M.A. (1990)

geology, mineralogy and geochemistry of the metamorphic rocks of south Taba area. Bull. Fac-Sci, Menoufia.

کتاب =

- 1- Almond, D.C. and Whittes, D.G.A. (1976): Rocks, minerals and crystals, Hamlyn, England.
- 2- Arnold, C.A. (1947): Introiuction to Paleontology, Newyork, McGraew-Hill.
- 3- iateman, A.M. (1950): Economic Minral Diposits, 2nd ed. Newyork, Wiley.
- 4- iBeirbower,iR. (1960): Search for the Past. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
- 5- Berry, L.G., iason, B. and Dietrich, R.V. (1983): Mineralogy: Concepts, Destinctions, Determinations, 2nd ed. San Francisco, W.H. Freeman.
- 6- Casanova, R. (1970): An illustrated guide to Fossil Collecting, Healdsburg, Calif, Naturegraph.
- 7- Deer, W.A., Hawie, R.A. and Zussman I. (1963): Rock forming minerals, John Wiley, Newyork.
- 8- Dietrich, R. V. (1980): Stones: their collecion, identification and uses. San Francisco, Freeman.
- 9- Dietrich, R.V. and wicander, R. (1983): Minerals, rocks and fossils, N.Y., wiley.
- 10- Dietrich R.V. and Skinner, B.J. (1979): Rocks and rock minerals, Newyork, Wiley.
- 11- Fenton, C. L. and Fenton, M.A. (1958): The Fossil Book, N.Y., Hrper.
- 12- Fleischer, M. (1980): Glossary of mineral species, Tucson, Ariz. Flint, R. F. and Skinner, B.J. (1976): Physical geology, N.Y., Wiley Goldschmidt, V.M. (1974): Geochemistry, Oxford Univ. Press.
- 13- Garrels, R.M. (1951): A textbook of geology, N.Y. Harper.
- 14- Hume, W.F. (1932): Geology of Egypt. Survey of Egypt.
- 15- Kummel, B. and Raup, D. (1955): Handbook of paleontological techniques, San Francisco, Freeman.
- 16- Matthews, W.H., (1962) Fossils: an introduction to Prehistoric life, New york, Barnes and Noble.
- 17- Mitchill, R.S. (1979): Mineral names, what do they means? N.Y., Van Nostrand Reinhold.
- 18- Pettijohn, F.J. (1949): Sedimentary rocks, N.Y., Harper.

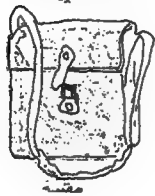
- 19- Rankama, A., and Sahama, G. (1950): *Geochemistry*, Univ. Chicago Press.
- 20- Romer, A. (1966): *Vertebrate Paleontology*, Univ. of Chicago Press.
- 21- Said, R. (1962): *Geology of Egypt*, Eliv., Amistradam.
- 22- Smirnov, V.I. (1976): *Geology of mineral deposits*, Mir, Moscow.

(كتب بالعربية)

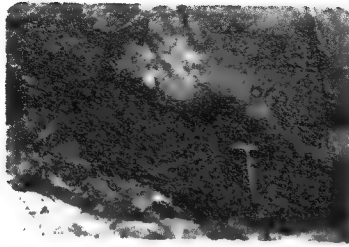
- ٢٢ - محمد عز الدين حلمي () : علم المعادن - مكتبة الانتجلو المصرية .
- ٢٣ - محمد فتحى عوض الله (١٩٦٧) الحديد في مصر - المؤسسة المصرية للنشر - القاهرة .
- ٢٤ - محمد فتحى عوض الله (١٩٦٨) : الفحم في مصر - المؤسسة المصرية للنشر - القاهرة .
- ٢٥ - محمد فتحى عوض الله (١٩٦٩) : المصادر الطبيعية للطاقة والسعار العالمى ، المؤسسة المصرية النشر ، القاهرة .
- ٢٦ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٠) : أبو سميل بين الصخر والإنسان - دار المعارف - القاهرة
- ٢٧ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٣) : الفضاء والشهب - دار الكاتب العربى - القاهرة .
- ٢٨ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٤) : الفوسفات والفلاح - دار الكاتب العربى - القاهرة .
- ٢٩ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٧) : زحف الصحراء - دار المعارف - القاهرة (كتابك) .
- ٣٠ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٨) : الطاقة - دار المعارف - القاهرة (كتابك) .
- ٣١ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٨) : الماء - دار الكاتب العربى - القاهرة .
- ٣٢ - محمد فتحى عوض الله (١٩٧٨) : الفضاء في خيال الأدباء - دار المعارف - القاهرة (اقرأ) .
- ٣٣ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨٠) : الانسان والثروات المعدنية - عالم المعرفة - الكويت .
- ٣٤ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨١) : محاضرات في الجيولوجيا - دار المعارف - القاهرة .

- ٣٥ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨١) : براكين مصر - دار المعارف - القاهرة .
- ٣٦ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨٢) : معادن الزينة - دار المعارف - القاهرة (اقرأ) .
- ٣٧ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨٣) : نشأة الكون ووحدة الخلق - دار المعارف - القاهرة .
- ٣٨ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨٨) : النهر - تاريخ حياة - الهيئة المصرية العامة للكتاب - القاهرة .
- ٣٩ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨٩) : الرمال - بيضاء وسوداء وموسيقية - الهيئة المصرية العامة للكتاب - القاهرة .
- ٤٠ - محمد فتحى عوض الله (١٩٨٩) : رحلة إلى اسكتلندا - دار المعارف - القاهرة (اقرأ) .
- ٤١ - محمد فتحى عوض الله (١٩٩٢) : المرشد الجيولوجى فى المعادن والصخور والحفريات - دار المعارف بمصر .
- ٤٢ - محمد فتحى عوض الله (١٩٩٢) : المعادن والصخور والحفريات - هيئة الكتاب بمصر .
- ٤٣ - محمد يوسف حسن وسهير عوض (١٩٧٤) : الثروة المعدنية فى العالم العربى - القاهرة .
- ٤٤ - ممدوح عبد الغفور حسن (١٩٧٩) : الرواسب المعدنية . مكتبة الانجلو - القاهرة .

● صور من عينات المعادن والصخور والحفريات

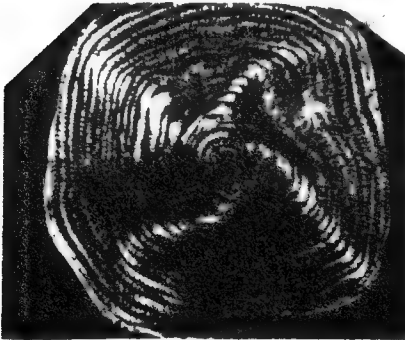


التجهيزات اللازمة في الحقل لطلاب المدارس والمختبرات
المعادن والصخور- ٢٠١



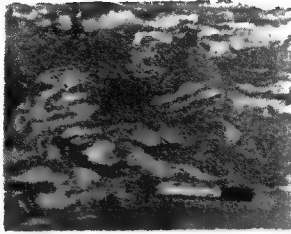
الشكل ١ -

هيئة بدوية لـصخر جرانيتي بـمـيـنـاتـيـنـي يـحتـوي عـلـى جـسـم غـرـوب مـن الجـاـيـرو المـتـحـول . مـن وادى حـزـمـة بـحـنـوب سـيـهـاء



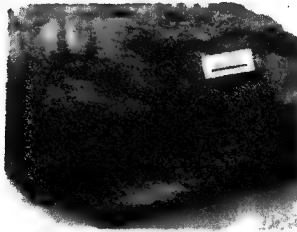
الشكل ٢ -

حـفـريـات مـن التـمـيـات الجـيـزـاويـة الـتى يـشـيـع وجـودـها فـى جـبل المـقـطـم و احـصـار المـرم . مـن وادى وـزـر - فـيـران - بـحـنـوب سـيـهـاء .



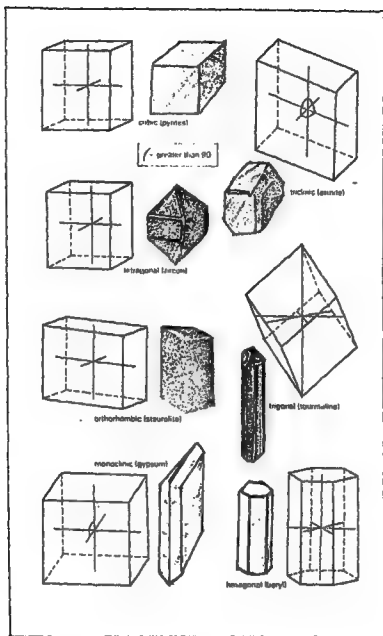
الشكل ٣ -

عينة يادوية من صخور التليس البجيلة من وادي طبقة ، منطقة طابا -
جنوب سيناء .



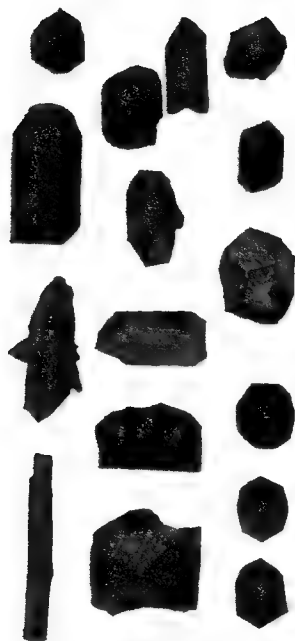
الشكل ٤ -

عينة يادوية من اللاجتات - هياتيت من تكوين جبل الحديد بجنوب الصحراء
الشرقية ، وتبدو في العينة كسرات من جسلر .

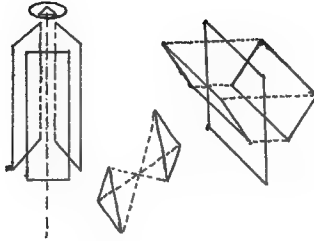


الخصائص البلورية

- ١ - المكعب
- ٢ - الرباعي
- ٣ - ثلاثي الميل
- ٤ - أحادي الميل
- ٥ - ثلاثي الميل
- ٦ - الثلاثي
- ٧ - السداسي



جالينا	بلورة هورنبند	بلورة بايريت
بلورات جانزيت	بلورة نورمالين ، بلورة ارنثوكلاز	بلورة بايريت
بلورة ميكايت	بلورات زنكبيد وفلوريت	بلورة اوجايت
بلورة اباتايت	بلورة جيس	بلورة كيكائيت

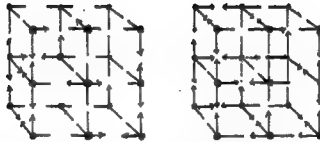


شكل ١ - عناصر التبلل أو التتسق البلورى

أ - مستوى التبلل

ب - محور التبلل

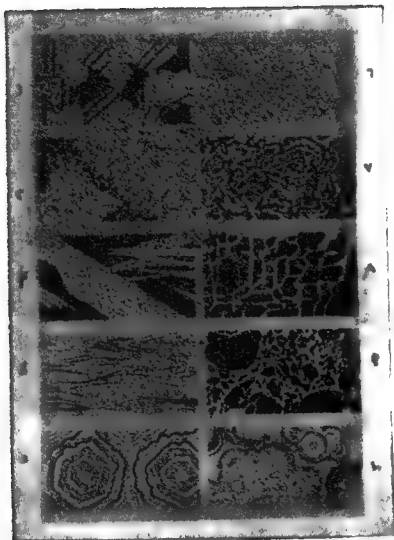
ج - مركز التبلل



شكل ٢ - الرسم (أ) يبين تقاطعاً نوع الربط بين ذوات بلورة لا تبلى تشققاً . القوة الجاذبة بين الذرات المشار إليها بالأسهم تشير تقريباً متساوية في كل الاتجاهات ، ومن ثم فهي حين تكسر ، تكسر عشوائياً ، فإذرة أوجها غير منتظمة ، بينما في الرسم (ب) ، يتوقع وجود تشقق في المستوى أ ب ج د .

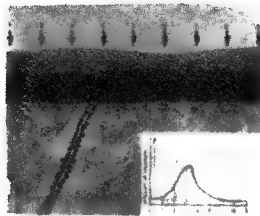


شكل ٣ - بلورات موزة الطين الناعم تواجدت في مغاور التندب الأثرية .



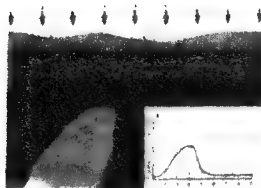
أنواع شائعة من أنسجة الخامات (Selected types of ore textures)

- ١ - أنسجة متساوية الحبيبات (Even-grained textures)
- ٢ - أنسجة غير متساوية الحبيبات (Uneven-grained)
- ٣ - أنسجة انسيابية الصفائح Laminar
- ٤ - أنسجة ليفية Fibrous
- ٥ - أنسجة نطاقية Zoned
- ٦ - أنسجة منسقة بالورب Crystallographic Oriented
- ٧ - أنسجة تنامي متراكم Closely intergrown
- ٨ - أنسجة إحلالية Replacement
- ٩ - أنسجة حطمية أو تشرقية Crushing
- ١٠ - أنسجة كروية على شكل حلقات الأثداء Colliform



البحث عن المعادن

١ - البحث عن المعادن بالطرق الجيوفيزيائية ، حيث تجمع القراءات من أماكن محددة كما تشير الأسهم في الشكل ثم تحليل وتوقع النتائج على رسم يأتى حيث تشير القيمة عند الموقع (١) لكائن العرق تحت السطح .



٢ - البحث عن المعادن بالطرق الجيوفيزيائية ، والطريقة المغناطيسية واحدة منها ، حيث تجمع قراءات شدة المجال المغناطيسى المحل من أماكن محددة كما تشير الأسهم في الشكل وتوقع على رسم يأتى ، وتبين القيمة عند الموقعين ٣ ، ٤ جسم الحلم تحت السطح .



٣ - بعض الأدوات البسيطة اللازمة لتصريف الميثان على المعدن من حيث خواصه الكيميائية الوصفية .

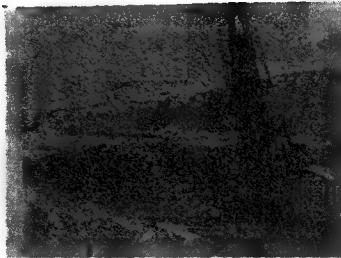


٤ - دراسة المعدن في الصخور تحت المجهر المستقطب . وترى البنية ولقد قطعت رقيقة فوق شريحة زجاجية وتبلون الصورة (أ) تحت الضوء العادي وفي الصورة (ب) تحت الضوء المستقطب .

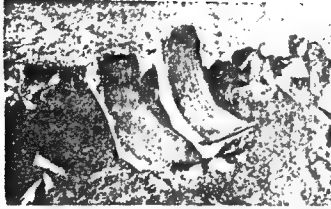


استغلال للمعادن في مصر

الشكل ١ - استغلال الخزف في مصر القديمة .



الشكل ٢ - استغلال عمليات التعدين في الواحات البحرية بطريقة النجم للكشف
لنوى سطح الأرض (Opencast)

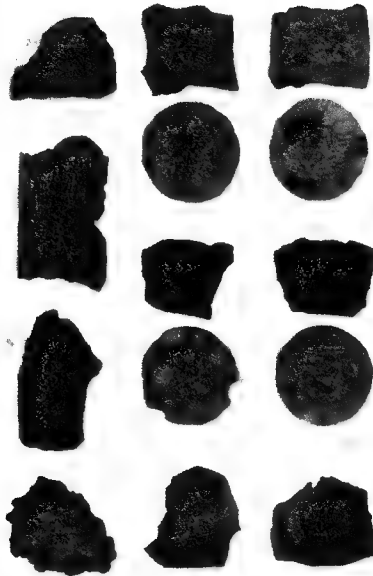


الشكل ٣ - عثقت فرعونية وجدت بجوار منجم أم الروس لاستخراج الذهب في الصحراء الشرقية . كان القراعة غالباً أول من استخرج الذهب في العالم وعرفوا له قرابة مائة موقع في صحراء مصر ، لم يضاف إليها جديد حتى اليوم . وكانوا يستخدمون مثل ذلك الملح لسحق وتتميم حجر الزر شديد الصلابة حتى يحولونه ناعماً كالطين ، ثم يغطون به بعد ذلك لفحات الذهب ، أو هم يخلطونها به بالنسب في تيار ماء .



الشكل ٤ - أول خريطة تصهنية في العالم لتجم ذهب ، والمتعلقة بالمنطقة به ، والطرق المؤدية إليه من وادي النيل ومن سلسل البحر الأحمر . والمنطقة والمنجم بالصحراء الشرقية المصرية ، لم يستقر الرأي على موقعها المحدد في ذنبا اليوم . . والخريطة مرسومة على بردية تانطمت إلى سبعة أجزاء ، وإن يكن أحمد رطها وتجميعها . وهي محفوظة بمتحف « تورين » بإيطاليا .

بعض أنواع الصخور



جرانيت - عينة يدوية ونحت المجهر .

وايولايت آساي - عينة يدوية ونحت المجهر ، برشه

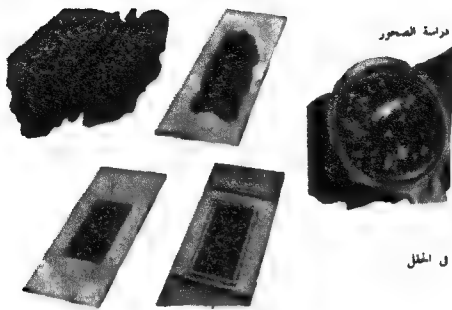
لوسيديان (زجاج) لاحظ المكسر المحاري

جايرو - عينة يدوية ونحت المجهر

بازلت لوزاني عينة يدوية ونحت المجهر

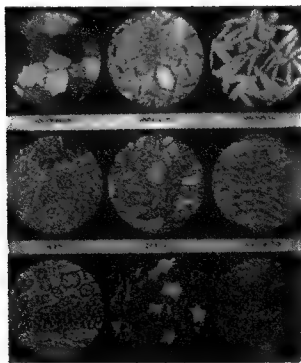
نايس شيت

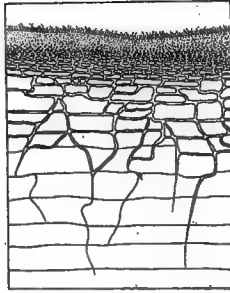
هورنفلس رصيص



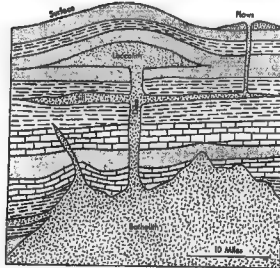
في الحقل

بعض أنسجة الصخور النارية :

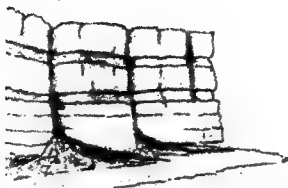




فوق : شكل تخليطي يوضح التربة وصخر الأديم أو الأساس وميلهما من الدرج في شكل المادة .



تحت : شكل تخليطي مركب يظهر العلاقة بين الأشكال المختلفة التي تتواجد بها الصخور النارية الجوفية في طبقات القشرة الأرضية .



الشكل أ : الصخور الرسوبية كما تتجلى في الشاطئ الصخري عند منطقة عجبة بالقرب من السلم .

(الخارج من السجدة الصخرية الرسوبية)



الشكل ب : رواسب قاعية :

١ - حبيبات جبهة الفرز مستديرة متساوية ، المجوأت كبيرة مملوءة بالملاط - رواسب ناعمة .

٢ - كسرات متساوية رقيقة الفرز والاستدارة ، الفتات الناعم يقلل من المسافات - رواسب متوسطة التفرج .

٣ - فرز رقيق ، كسرات كبيرة وصغيرة في أرضية طينية ولليل من الملاط - رواسب غير ناعمة .



رواسب كيميائية

٤ - تسبج متداخل ، تكون بالترسيب في بحر ملتح ، أتبج بإعادة تبلور بعض ما ترسب .

٥ - تسبج بطروشي ، في الأحجار الجيرية والحديدية . ترسيب الكربونات والسيليكات حول حبات رمال حل قاع البحر .

٦ ، ٧ - مادة هياكل النبات والحيوان ، حفظت في موالح متتامة ، مكنت للمسافات بينها بفترات قصيرة ، وملاط كالأحجار الجيرية المرجانية .

السجة احلالية

٨ - حجر جيرى كالسيت $CaCO_3$ ، ترك مكانه لمخيمات دواو مايت (CO_2) $Ca Mg$ ترسبت من محاليل متخللة .



الشكل جـ :

معادن الطين الصفائحية كما ترى تحت المجهر الالكترونى مكبرة ٢٧ ألف مرة ..



— أدوات الإنسان الأول كانت من معادن الأرض تحت قدميه ، من الطران والزلط ..
ومن الأحجار كانت الشرارة الأولى .

— وحضارات الإنسان طراً ، ارتبطت بالمعادن والأحجار . من العصر الحجري إلى البرونزي إلى .. عصر الفضة .. ولم يجد الإنسان أمعد من الصخر لسجل عليها ابتداعاته مثل القدم وحق اليوم .. وهنا تمثل نفرتارى جميلة الجميلات ، وقد قد من الحجر الرمل النوى ، وشهد الفنان المصرى القديم فيها والحجر والأزلي ، الصورة الانسانية العابرة والوجه البشرى الزائل فوق الأبعاد الثلاثة المعروفة . كذلك ترك لنا النحات المصرى القديم حل نوعية من أحجار مصر وصخورها ، مثال الجبال لتمثل من أراد في عها المرأة وجسدها ، وذلك العنصر الإلهى الخالد الذى يبقى منها بعد التحلل المادى وفناء الجسم .. وإن يكن الفنان قد استغل صخوراً صلباً ، إلا أنه ليس المرأة ثوباً شاملاً تبدو فيه أثورتها كأنها حلم من ضباب ..



ومازلنا نصنع التماثيل من الأحجار والصخور

بعض أنواع الحفريات



عشبة صخر



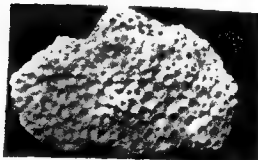
طبقة نو القصرى الثلاثة في صخر الكمبرى .



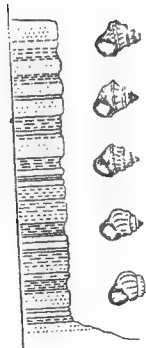
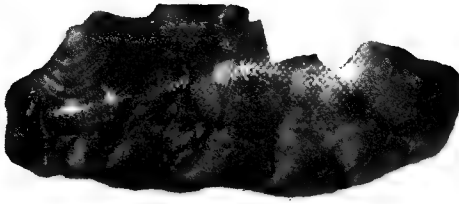
التأخر بالتركيز والمعمدة



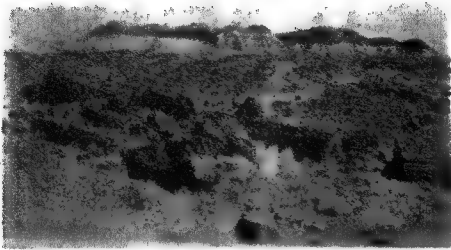
طبقة طين الأسفل لزج شجرة ليلوفيلون



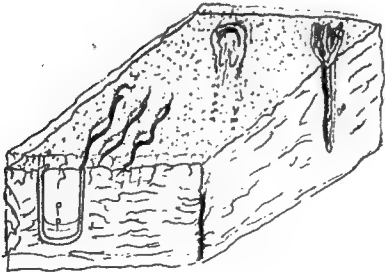
بقايا حفرة استعمرة مرجانية



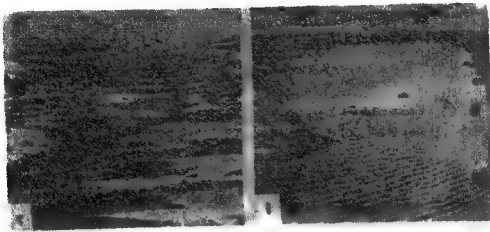
تغيرات تطورية في الحفريات
من طبقة وسوية إلى أخرى .



في الشرق إلى القراصات البحرية ، ويقترب من المعالي ، توجد بقايا طبقات صخرية ،
كانت تعمل كممر لها بما أكلت وقراصات من طبقات لينة ، من الحصاد ويطلع
الأسماك وقد أصبحت

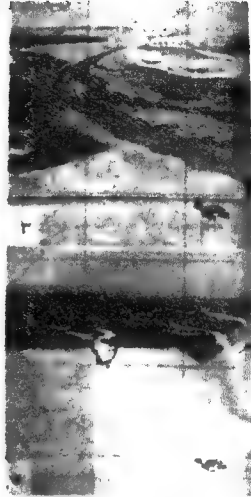


الحفر والتقر وآثار الزواحف ولمجرات الغطاء .. كلها تعمل عمل الحفرية .



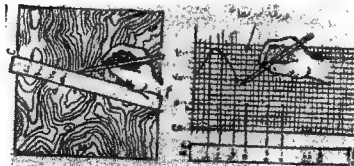
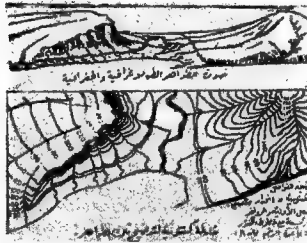
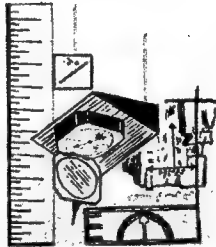
مجموعة رسوم تظهر تتابع الأحداث منذ دفن حيوان إبان الدور الثلاثي من حقب الحيلة الحديثة وحتى اكتشافها بواسطة إنسان . من ١ إلى ٤ ربما مثلت تحميلاً جيداً الفترة من الأيوسين وحتى الميوسين . ولما ٥ ، ٦ فمثلت رفع الأرض ، ومن لم التجربة خلال أواخر فترة الميوسين ، على النحو التالي :

- ١ - هبطت السورل الفيضانية من فوق الجبال إلى المنخفض بينا ، حاملة الرمال والخرين .
- ٢ - أكلت السهء ، وعلقت الأرض مامعا لهات الفيضان . وترى عظام حيوان لامةة تحت الشمس .






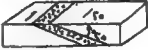







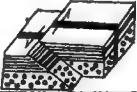


- ٣ - اضلالت جديلة للرواسب من هضات متتالية دفنت وحفظت الهيكل ، وبدأ
تجبر النظام بفعل ما تحمله المياه الجوفية من معادن .
- ٤ - ومع الوقت تنخفض هضات الجبال بالتصرية وعمق الهيكل يستقر الو
الاضلالت .
- ٥ - حدث رفع أقليمي ، أدى إلى تموية حوض الترسيب ، وبدأت النشاطات الرسوبية
تتكرر .
- ٦ - ونحت التصرية أعمق ، فعمرت النظام إلى اكتشافها تسلا بآلة من طباق
الصخر . .

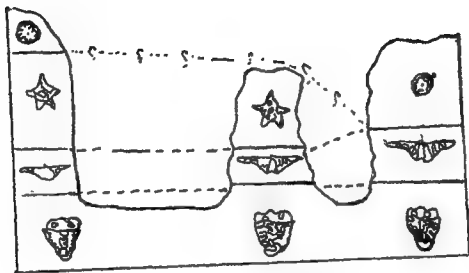
الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية



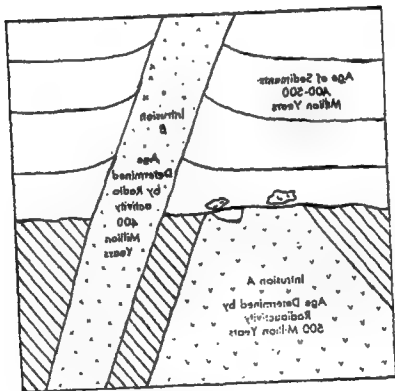
طريقة رسم التضاريس الجيولوجية (البروفيل)

			+
			+
			+
			+
			+
			+
			+

بعض رموز الخصائص الكوناميكية أو البنيائية ، وما تميز عنه ، وكيفية ظهورها على الخريطة .



مطابقات الطبقات على أساس عوارضها من الخفريات



التاريخ للمرسوبات بواسطة التحلل للبتكر والمظهر للأجسام الغازية

الفهرس

.....	مقدمة	٧
.....	من أين نجمع العينات	٩
.....	إرشادات عامة	١٠
.....	الصحراء	١٢
.....	تنظيف واعداد العينات الصخرية	١٨
.....	نماذج لكتابة بيانات العينات	
	الباب الثانى : المعادن	
.....	تعريف المعدن	٢٢
.....	تسمية وتصنيف المعادن	٢٨
.....	تواجد المعادن	٣٨
.....	التعريف على المعادن	٤١
.....	استكشاف وتحري المعادن	٥١
	الباب الثالث : الصخور	
.....	تعريف الصخر	٥٥
.....	المعادن البانية للصخور	٥٦
.....	تسمية وتصنيف الصخور	٦٥
.....	نشأة وتكوين الصخور	٦٦
.....	تواجدات الصخور	٧٤
.....	العلاقات التبادلية بين الصخور	٧٦
.....	صخور أخرى غير النارية والرسوبية والمتحولة	٧٦
٢٢٩		

الباب الرابع : الحفريات

٩٢	تعريف الحفريات
٩٤	تسمية وتصنيف المملكة الحية
٩٧	استخدام التقسيم التصنيفي في دراسة الحفريات
١٠١	طرق حفظ الحفريات
١٠٨	الحفريات الكاذبة
١١٠	استخدامات وفوائد الحفريات
١١٣	من أين تجمع الحفريات

الباب الخامس : الحفريات :

١١٧	الحفريات الطبوغرافية
١١٨	الحفريات الكونثرية
١٢١	الحفريات الجيولوجية

الباب السادس : جداول التعرف على المعادن والصخور :

١٢٧	معادن ذات لمعان فلزي
١٣٦	معادن لها لمعان لا فلزي
١٧٠	الصخور

الباب السابع : الزمان الجيولوجي :

١٨٥	مقياس الزمان الجيولوجي
١١٨	مقارنة التاريخ الجيولوجي بأحداث التاريخ المسجل
١٩٣	كتب وبحوث لتقرأ في هذه المجالات
١٩٧	كتب بالعربية
١٩٩	صور من عينات المعادن والصخور والحفريات



مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ١٩٩٤/٣٣٥١

ISBN 977-01-3737-5

يُعد هذا الكتاب مدخلاً علمياً مبسطاً لدراسة
المعادن والصخور والحفريات. وهو إشباع لحاجة
دارسى علوم الأرض في بدايات مدارجهم العلمية
دون إخلال بالمضمون العلمى الدقيق. كما أن هذا
الكتاب يسد فراغاً في المكتبة العلمية المبسطة
لهواة العلم ومريديه من ذوى الثقافات المختلفة
والمتنوعة.